蝴蝶蘭害蟲查詢系統之運用

陳淑佩
行政院農業委員會農業試驗所應用動物組

一、摘要

本研究在不同溫室及網室之蝴蝶蘭有害生物相，建立蝴蝶蘭害蟲查詢系統。針對美方對我國列名之檢疫有害生物，如斜紋夜盜 (*Spodoptera litura* (Fabr.))、台灣花薊馬 (*Frankliniella intonsa* Trybom)、太平洋臀紋粉介殼蟲 (*Planococcus minor* (Maskell)) 及扁蝸牛 (*Bradybaena similaris* (Ferussac)) 等檢疫害蟲，亦進行偵測工作。利用歷年調查所得的資料 (如種類、生物學資料、危害狀影像及其族群密度之消長等) 加以分析歸類，進而建立蝴蝶蘭重要有害生物預警系統，提供給相關業務執行者及研究人員查詢，以達到對重要有害生物即時預警及其防治建議，期能促進我國農產品之外銷競爭力。

關鍵字：蝴蝶蘭、害蟲、資料庫、查詢系統

二、前言

蝴蝶蘭之栽培管理體系在臺灣常年高溫多濕的環境下，有害生物種類繁多，溫室栽培環境下可發現包括薊馬類、蚜蟲類、介殼蟲類、黑翅蕈蠅及葉蟎等；簡易栽培場所除上述種類外，鱗翅目害蟲、其他雜食性害蟲等亦可能出現並建立其族群加以危害植株。不管栽種或出貨期間，有害生物可能因而影響其品質、植株面臨檢疫處理及退貨等重大損失，進而影響農友之利益。其管理首要在於確知其種類後(高等人，2011)，才能對症下藥，以達最佳的防治功效。

電腦科技之進步，影像資料之儲藏及處理已變得更為有效、簡便。若將累積多年的資料，加以分析及歸類進而建立查詢系統 (包括作物種類、有害生物鑑定資料、危害狀影像、防治建議及相關網站的聯結) (Chen & Wu, 2012; 陳與林， 2017)，提供給蝴蝶蘭農友及研究人員查詢有害生物種類及其防治建議，除提升防治率外，亦可促進我國農產品之外銷競爭力為本研究之目標。

三、材料與方法

3.1 害蟲資料庫資料來源

3.1.1 輸美蝴蝶蘭帶介質工作計畫蟲相調查資料：93 年 7 月我國蝴蝶蘭通過的輸美蝴蝶蘭帶介質工作計畫後，針對符合輸美蝴蝶蘭帶介質工作計畫之輸美蘭園，

每月定期以黃色黏板 (高冠牌 20 x 15 cm，懸掛於約距植床 30 cm 高，約 20 坪懸掛 1 張) 於輸美帶介質工作計畫的蝴蝶蘭園，調查 3.5 吋蘭苗之蟲相 (包括介質蟲相)，將黏有害蟲之黃色黏板帶回實驗室利用解剖顯微鏡鏡檢，或將蟲體製成玻片以光學顯微鏡鑑定其學名並建立完整之蟲害影像。此外，運用性費洛蒙誘引劑每 50 m 懸掛 1 個 (每 30 天置換誘引物一次)，加以證實及監測有無美方列為檢疫害蟲中的鱗翅目害蟲 (如斜紋夜盜 *Spodopteralitura*(Fabr.) 及夜盜類害蟲 *Spodoptera* spp.)入侵；並利用黃色黏板，偵測有無台灣花薊馬 (*Frankliniellaintonsa*Trybom) 及太平洋臀紋粉介殼蟲 (*Planococcus minor* (Maskell)) 有翅型雄成蟲。

3.1.2 農友送檢之蝴蝶蘭蟲害診斷鑑定資料：對逐年建置完整的蝴蝶蘭花害蟲診斷鑑定的書面資料檔案(包括有害生物鑑定資料、危害狀影像及防治建議等，並轉成 EXCEL 檔及用顯微鏡或是目測檢視農友受害植株全株 (含根)，將其作物被害病徵 (如葉片、枝條、莖、根、花等)，於顯微鏡下檢查樣品受害狀 (2-5 張)，進行拍攝之工作。依危害昆蟲及被害寄主植物之不同，使用顯微鏡 (Leica Z16 Apo) 及翻拍架進行拍攝存證，並將影像後製處理 (編碼及製作浮水印) 後，建立危害狀及害蟲等影像檔案。

3.2蝴蝶蘭有害生物影像之數位化

經整理、鑑定分類定名後，針對符合輸美蝴蝶蘭帶介質工作計畫之輸美蘭園及歷年農友送檢蘭花之有害生物標本除定名證據標本 (voucher specimen) 外，亦同時蒐形態或是危害狀，進行影像數位化工作。工作流程 (Chen 2012；Chen & Wu,2012) 包括 (A) 利用實體巨視顯微鏡 (Leica Z16 Apo Stereomicroscope, Switzerland) 並配合自動步進馬達 Piezo 控制調焦器 (Leica Piezo Z-drive, Switzerland)、彩色 RGB CCD 攝影機 (Leica DFC 420 Digital Microscope Cameras, Switzerland)、電子式標準色溫環形燈組、標準色溫反射台組 (5000 R/L, ring light LED, Switzerland) 拍攝害蟲生態及危害狀等。對於微小有害生物 (如介殼蟲) 之定名玻片標本，則利用光學顯微鏡 (Leitz DMRB, Leica, Milton Keynes, U.K.) 配合配合自動步進馬達 Piezo 控制調焦器、彩色 RGB CCD 攝影機，進行形態特徵的數位化工作。存證標本依不同的送檢來源，每筆資料所包含之所有玻片標本進行拍攝工作。(B) 標本照去背、後續影像處理–對已數位攝影完成之數位影像檔進行後續處理及修正工作，如去背、調整色差及亮度…等工作，使每筆影像檔更清晰。(C)標本照命名與建檔–利用 MS Office 之 Word 及 Access 等套裝軟體，進行分析整理文字資料。如以 Excel 建置相關基本資料的標本基本資訊、圖檔基本資訊、參考文獻等，同時對於所整理分析之文字資料，依照資料庫制定之欄位，將資訊輸入欄位並儲存，以完成每筆元數據 (metadata)。(D) 校對、再校對後上傳網頁及資料備份–利用個人電腦並參考有害生物分類學資料以進行校對的工作，待正確無誤之後始傳至網頁上，供使用者利用。資料備份由專任助理執行，將正確無誤之所有資料，利用燒錄軟體 NERO 7.0，燒錄成 DVD 光碟。每筆燒錄約需耗時20 min。

3.3害蟲資料庫及查詢系統網頁建置及測試修正

網頁之開發程式運用 FreeBSD+Apache+MySQL+PHP 系統，後端資料庫採用 MySQL，Excel 所建置的元數據，經由上傳程式上傳至 MySQLl 資料庫 (Chen 2012；Chen & Wu, 2012)。採用程式的特色為所需成本低 (Apache, MySQL 及 PHP 皆為免費軟體)，安裝容易，系統穩定，在相關功能的發展上也逐漸能與付費軟體並駕齊驅。PHP 軟體可跨不同平台 (Unix, Linux, Windows, Apche, IIS) 及處理動態網頁；資料庫系統 MySQL 可跨平台支援、彈性的安全機制、支援 PHP 快速的存取資料庫資料。上傳資料錯誤可經由維護程式更新或透過 MySQL 資料庫管理界面 Navicat8 進行維護。每筆皆約需 10 min 處理。上傳拍攝之影像檔及輸入之文字檔並備份後，測試程式之實用性與流暢性，修正其缺點。

四、結果與討論

具不同權限管控的蘭花有害生物預警及查詢系統 (http://orchidpests.tari.gov.tw) 網站以「蟲相分析」、「鑑定明細」、「害蟲簡介」、「資料搜尋」、「相關網站」五大主題呈現。「蟲相分析」單元依各種不同的查詢角度擷取蟲相調查資料彙整統計其族群密度消長之變化，提供給防檢疫及研究人員預警及分析之用；「鑑定明細」單元是查詢歷年調查驗證溫室有害生物調查明細 (包括害蟲族群消長與相關資料等)；「害蟲簡介」單元透過圖文並列方式讓使用者能對蘭園重要或是常見之有害生物之分類、形態鑑別特徵、生態、危害習性、分布、寄主植物等有所認識，目前已建置了有關薊馬、介殼蟲、斜紋夜盜、蚜蟲、蟎類及蝸牛等類害蟲簡介(王, 1987; 翁等人, 1999)。「資料搜尋」單元只要鍵入關鍵字即能自動檢索符合條件資料列表。「相關網站」單元提供有關蘭花栽培管理相關網站，並提供最新植保手冊其他花卉或是觀賞花木之推薦用藥供參考，以達到對重要有害生物即時預警及其防治建議。

五、結論

將歷年來農友送檢之蝴蝶蘭有害生物診斷鑑定資料及符合蝴蝶蘭帶介質輸美工作計畫之蘭園蟲相資料為基石，透過資料庫之彙整統計分析功能，建立一套有關蝴蝶蘭有害生物鑑定及查詢系統，期能透過網路平台提供給相關業務執行者及研究人員更快速更全面的管理輔助工具，能確保蘭花在栽種過程中不因有害生物而受損，進而提升其品質與收益。此外，以蝴蝶蘭害蟲查詢系統為基石，亦可建立其他蘭科(如文心蘭及石斛蘭等)等栽培區之蟲相資料及管理建議，以強化產品競爭力。

六、參考文獻

1.王清玲。 l987 。薊馬為害花卉之習性及其防治。37-43 頁。中華昆蟲特列第 1 號。薊馬生物學研討會專刊。

2. 高靜華、王清玲、李奇峰、石憲宗、陳淑佩。2011。建立國家農業有害生物診斷鑑定中心之重要性。19-25 頁。臺灣農作物病蟲草害診斷鑑定現況與未來展望研討會專刊。台灣大學出版。

3. 陳淑佩。2012。農業試驗所昆蟲標本數位典藏之現現況與未來展望。191-198 頁。臺灣生物多樣性與地質資料庫專刊。

4. 陳淑佩、林秀枝。2017。輸美蘭花害蟲之監測與管理、害蟲診斷鑑定資料庫之運用與管理。農業害蟲管理暨食安把關研發成果會專刊。25-28 頁。農業試驗所特刊第 201 號。

5. 翁振宇、陳淑佩、周樑鎰。1999。臺灣常見介殼蟲圖鑑。行政院農業委員會農業試驗所特刊第 89 號。99 頁。

6. Chen, S. P and W. J. Wu. 2012. Plant quarantine pest query system. 2012 AFITA (Asian Federation for Information Technology in Agriculture) 8th International Conference.

圖 1. 網站以五大主題，以「蟲相分析」、「鑑定明細」、「害蟲簡介」、「資料搜尋」、「相關網站」呈現

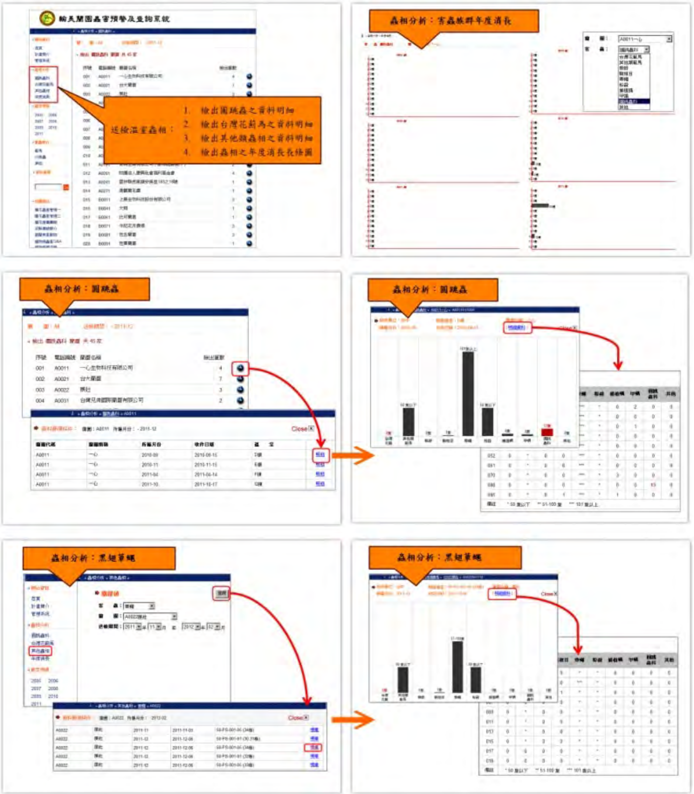


圖 2. 網站之「蟲相分析」

圖 3. 網站中之「相關網站」

設施甜椒關鍵害蟲管理及安全生產模式之研發與應用

林鳳琪*、陳怡如*、邱一中*、王昭月**
* 行政院農業委員會農業試驗所應用動物組
**行政院農業委員會農業試驗所生物技術組

一、摘要

本研究為強化設施農業全方位服務，提升設施蔬果產值能並達到不用農藥或農藥使用最少化的蔬菜生產目標。針對設施栽培甜椒，進行試驗模擬其安全生產模式之應用及評估效治效益，藉以擬定以生物防治為基礎的病蟲害綜合管理及安全生產策略，以黃(藍色)黏板監測關鍵病蟲害，掌握發生密度，以適時防治。於甜椒栽培初期以每株釋放 4-7 隻南方小黑花椿象(*Oriusstrigicollis* (Poppius)，防治薊馬及其他小型害蟲，搭配以植物油混方及石灰硫磺合劑，可有效壓制蚜蟲及細蟎等小型害蟲的發生密度，提高甜椒良果率，全程不施用農藥達到優質安全生產目標。

關鍵字：甜椒、害蟲綜合管理、安全生產

二、前言

甜椒為台灣近年高經濟新興作物，性喜涼冷溫度，因此在台灣平地大多於秋冬栽種生產，週年栽培生產常見於山區如埔里、仁愛及信義等地區 (王及王, 2016)。據報導，在甜椒適合栽培生產的環境常發生的害蟲包括，薊馬、蚜蟲、粉蝨、葉蟎、細蟎及夜蛾類，其中以薊馬、蚜蟲及細蟎影響產量與品質最為關鍵 (林等, 2016)。為害甜椒之薊馬包括小黃薊馬(*Scirtothrips dorsalis* Hood)、南黃薊馬(*Thripspalmi*Karny)及台灣花薊馬(*Frankliniellaintonsa*Trybom) (王, 2002；陳等, 2013) ，薊馬喜歡取食植物幼嫩組織，常造成心芽或花芽褐化萎凋；葉片或果實的粗糙的褐色銹斑。蚜蟲取食心芽及新葉，被害葉皺縮捲曲，高密度的棉蚜為害使葉片萎凋，而排洩大量的蜜露也誘發煤煙病，汙染葉片及果實。茶細蟎(*Polyphagotarsonemus latus* Banks）(林等 2016)為害心芽與果實，引起徵狀與薊馬為害相似，造成心芽皺縮萎凋及果實銹斑。設施栽培有防蟲網之阻隔，大型的夜蛾發生則較少。

本研究為強化設施農業全方位服務，提升設施蔬果產值能之目標；達到不用農藥或農藥使用最少化的蔬菜生產，提供讓消費者放心的優質安全產品及穩定安全蔬菜供應鏈。鑒於甜椒為連續採收且害蟲發生繁多，單賴藥劑無法有效防治，為達到產量、品質及安全兼顧的生產，研發設施甜椒蟲害管理技術與策略。本報告釐清甜椒之關鍵

蟲害，建立以生物天敵及搭配取代農藥使用天然植物保護資材的安全生產模式 (余及陳, 2009)，供設施甜椒栽培時參考應用。

三、 材料與方法

3.1 關鍵害蟲調查

為釐清設施栽培甜椒之關鍵害蟲種類，於農業試驗所所屬溫室進行害蟲發生監測調查，該溫室盆栽種植 150-350 株甜椒。自 2014 年 10 月起至 2015 年 10 月，每週定期懸掛以黃色及藍色黏板(11x15cm)各 8 張，以及剪取 50 片葉鏡檢調查甜椒害蟲。

3.2 釋放小黑花椿象(*Oriusstrigicollis* (Poppius))防治薊馬之效益評估

1. 信義鄉：2015 年 8 月起於南投縣信義鄉選定 1 栽植 12,000 株甜椒設施，進行釋放小黑花椿象防治薊馬效果評估。將該區設施分為試驗區(釋放小黑椿)及對照區(未釋放小黑椿)，兩區均懸掛黃色及藍色黏板 (11X15cm)各 20 張，每週定期更新回收黏板，攜回實驗室計算其上薊馬數量以監測薊馬發生密度。自 2015 年 8 月 13 日起每 2 週至該試驗區定期釋放小黑花椿象約 32,000 隻。自 2015 年 10 月 6 日起試驗區薊馬開始發生後，改每週釋放約 32,000 隻小黑椿，試驗期間總計約釋放 36 萬隻小黑椿。調查時，於兩試區分別逢機各採取甜椒葉片 50 片及 50 朵花，計算其上之薊馬及小黑花椿象數量。
2. 農試所：自 2016 年 1 月 4 日起至 6 月 30 日，於農試所所屬兩溫室進行以小黑花椿象生物防治為主綜合管理防治效果評估。兩溫室分試驗區(釋放天敵)及對照區，兩區均懸掛黃色及藍色黏板 (11X15cm)各 8 張，每週定期更新回收黏板，攜回實驗室計算其上薊馬數量以監測薊馬發生密度。自 2016 年 1 月 4 日起每週於試驗區溫室定期釋放小黑花椿象約 2000 隻，對照區則無釋放小黑椿。調查時，於兩試區分別逢機各採取甜椒葉片 50 片及 50 朵花，計算其上之薊馬及小黑花椿象、蚜蟲、粉蝨、薊馬及細蟎數量。蚜蟲發生時則施用植物油混方稀釋 400 倍液。茶細蟎發生時則施用石灰硫磺合劑稀釋 1000 倍液。

四、 結果與討論

4.1 關鍵害蟲調查

設施栽培甜椒之關鍵病蟲害種類，全年定期每週在農試所溫室內以黃色及藍色黏板(11x15cm)調查，結果銀葉粉蝨 (*BemisiaArgentifolii* Bellows & Perring)、小黃薊馬及棉蚜(*Aphis gossypii* Glover)發生最高密度每一黏板依序為 77.0、13.3 及 35.2 隻(圖 1)。檢視葉片調查結果，薊馬、蚜蟲及粉蝨發生最高密度每葉為 0.5、4.6 及 0.4 隻。茶細蟎族群則於 6 月攀升，最高達每葉 22 隻。

分析個別害蟲對甜椒影響，黃色黏板誘得粉蝨密度雖高，但葉片上卵與若蟲密度極小均低於每葉 0.5 隻，且傳播雙生病毒效率低 (林, 2007; 林等 2011) ，因此粉蝨不影響甜椒生長及其產量與品質。薊馬類及茶細蟎因取食新芽及小果影響植株生長、花芽數及果品品質為關鍵害重。此外蚜蟲偶而發生，但因其在甜椒上族群增長速度快，若不及早防治，將會誘發煤煙病，對甜椒生長及果品影響大。

4.2 釋放小黑花椿象防治薊馬之效益評估

1. 信義鄉：生物防治區釋放小黑花椿象，連續 11 次約 36 萬隻，釋放比例為每次每株 4-7 隻。經調查生物防治區及對照區(不放小黑花椿象)之南黃薊馬(*T. spalmi*Karny)與台灣花薊馬(*F. intonsa*Trybom)密度，釋放前藍色黏板誘集薊馬數均為 0 隻，兩區並無差異。試驗結果顯示，對照區藍色黏板誘集台灣花薊馬密度最高達 119.3 隻/黏板，較釋放天敵試驗區 30 隻/黏板高 (圖 2)。調查甜椒花朵上兩種薊馬蟲數，釋放小黑花椿象可將台灣花薊馬密度控制低於每花 1.4 隻，對照區台灣花薊馬密度亦較釋放區高，每花 6 隻(圖 2)。小黑花椿象族群在甜椒花朵上數量在釋放區較對照區高(圖 2)，顯示小黑花椿象釋放後可以在甜椒上發育繁殖。試驗開始進行後全區未噴殺蟲劑。
2. 農試所：配合設施耐熱甜椒選育及安全生產模式之建立，於農業試驗所所屬溫室，每週以每株釋放 5-8 隻小黑花椿象比例進行生物防治，結果顯示，可以完全控制甜椒無南黃薊馬及台灣花薊馬等關鍵害蟲發生；在對照區 (不防治) 薊馬密度最高達 50 隻/黏板，果實被害嚴重，心芽皺縮或萎凋，影響植株生長勢與果實形成 (圖 3)。

五、結論

經試驗評估設施內影響甜椒產量與品質的害蟲為薊馬與茶細蟎。擬定之安全生產模式之病蟲害管理，以黃色及藍色黏板監測粉蝨與薊馬，視害蟲發生情形決定防治與否及所採取的防治方法。分別以釋放小黑花椿象防治薊馬及其他小型害蟲，連續以每株釋放 4-8 隻南方小黑花椿象比例，當每花維持 0.5 隻小黑花椿象時，可以控制薊馬之發生；搭配以石灰硫磺粉劑防治茶細蟎，植物油混方防治蚜蟲，以減少農藥之使用，達到優質安全生產目標。

六、參考文獻

王昭月．王怡雯 2016 番椒種原利用於耐熱彩色甜椒之選育農業世界 399: 4-9
王清玲。2002。臺灣薊馬生態與種類。農業試驗所特刊第 99 號 2014 再版。328 頁。
余志儒、陳炳輝。2009。三種植物油對二點葉蟎之致死效果。台灣農業研究：136-145。
林鳳琪。2007。銀葉粉蝨傳播之植物病毒病害及其防治策略。植物蟲媒病害與防治研

討會專刊 247-256。
林鳳琪、張淑貞、鄭櫻慧、王清玲、胡仲祺。2011。銀葉粉蝨傳播蔬果雙生病毒及其防治研究。農業試驗所特刊 152: 193-204。
陳怡如、林鳳琪、邱一中、石憲宗。2013。溫度對檬果小黃薊馬 (Scirtothrips dorsalis Hood) 發育與繁殖之影響。

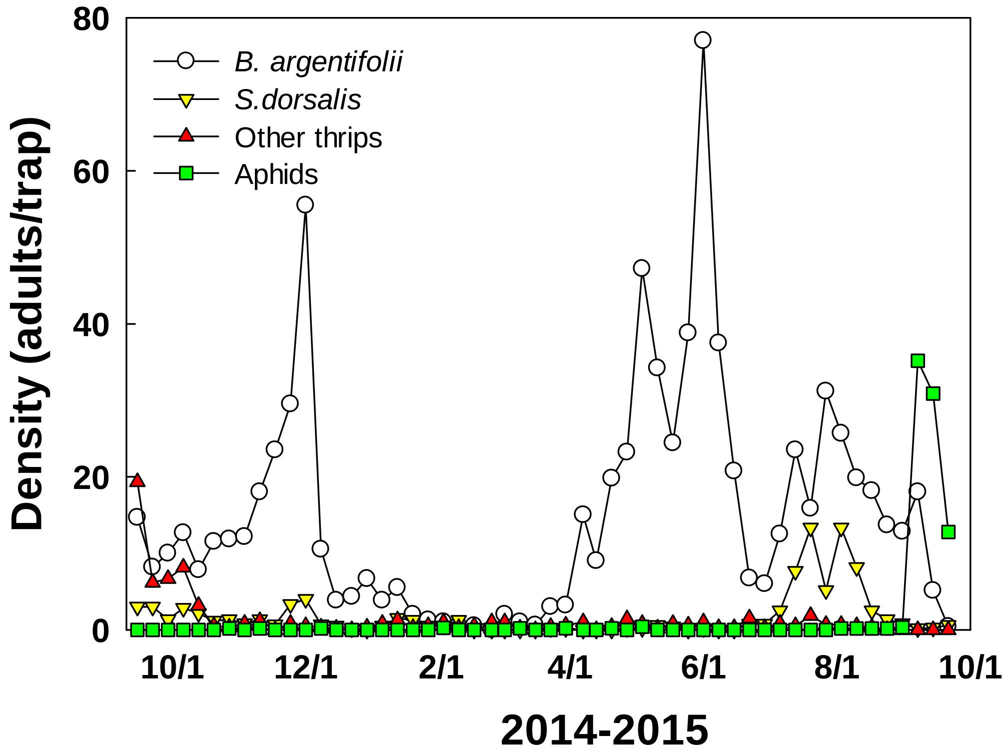


圖 1. 以黃色黏紙監測溫室內甜椒上銀葉粉蝨、薊馬類及蚜蟲族群動態(農試所)

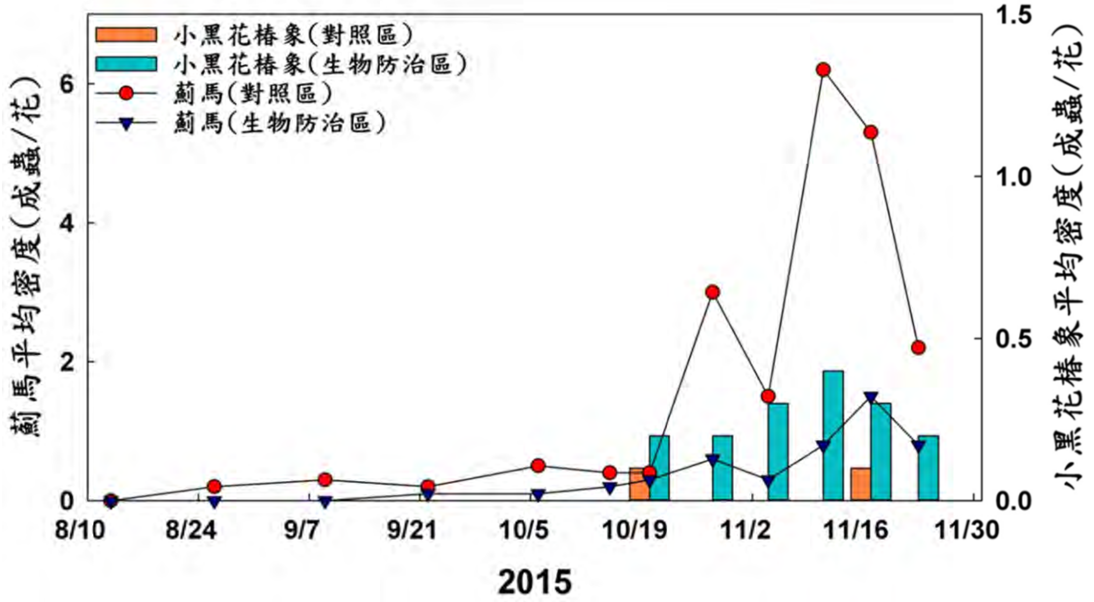


圖 2. 生物防治試驗區與對照區之薊馬與小黑花椿象族群密度變動 (信義)

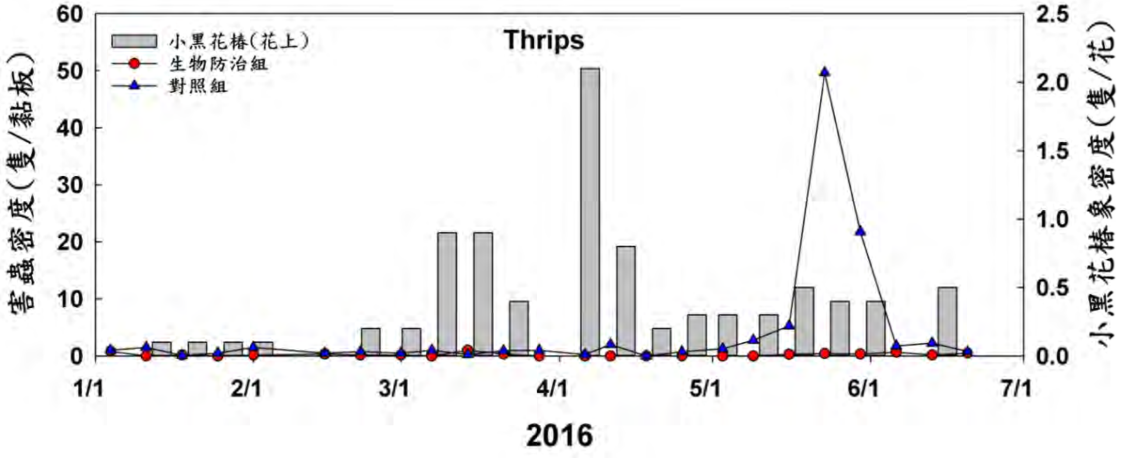


圖 3. 生物防治區與對照區薊馬與小黑花椿象族群密度變動 (農試所)

The recirculated hydroponic system for strawberry nursery production in plant factories

Pei-Chen Huang*, Ruo-Ying Chen*, Wen-Ju Yang* and Wei Fang**
*Horticulture and Landscape Architecture Department, National Taiwan University.
**Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University.

1. Abstract

Plant factories could be used as a bioreactor for the production of disease free and PGR free (plant growth regulator) daughter plants in strawberry. The recirculated hydroponic system often resulted in growth retarded and physiological disorder in strawberry. The improved recirculated system provided the environment with stable EC and pH value, which enable strawberry plants to grow much vigorous and produce more runners. The concentration of NO_3^-, K^+, Ca^{2+}, Mg^+, and SO_4^{2-} in the solution was measured, and the ion content and consumption in the solution was calculated. A new solution was designed for reducing the frequency of solution renewing and release the plants from suffering the accumulation of certain ion according to the solution analysis. For reducing the labor cost, the cultivation support for easy rooting is also testing.

Keywords: solution ion content, solution ion consumption, cultivation support

2. INTRODUCTION

Plant factory with artificial light (PFAL), an airtight warehouse-like structure with the characters of thermally insulated, humidity stable and pathogen-free (Kozai, 2013), benefits plant growth in undesirable season or environment. In addition, land use efficiency may promote several folds by multiple culture shelves design. Therefore, the application of PFAL in planting shorter plants (<30 cm) is favorable particularly in the country with high population density. Hydroponic culture is one of the soilless culture usually applied inside the facilities.

Closed hydroponic is a growing system that the nutrient solution is recycled instead of released into the environment (Ruijs, 1992). According to the depth of nutrient solution, there are deep-flow technique (DFT) and nutrient film technique (NFT) systems (Jensen, 1999). In closed system, growth of strawberry is often stunted in regardless by DFT or NFT systems due to the accumulation of root exudates and spread of soil-borne pathogens (Kitazawa *et al.*, 2005; Martíneza et al., 2010). Methods to alleviate the deleterious effects developed such as adding activated charcoal, electrodegradation or applying sand filters (Asao et al., 2008; Kitazawa et al., 2005; Martíneza et al., 2010). In our previous study, we grew strawberry in PFAL-DFT system, and the plants stopped growing right after moving

into the system and severe physiological disorder was gradually appeared within the following 2 weeks. The phenomenon revealed that factors aside from the accumulation of toxic root exudates may strongly interfere plant growth (Hung, 2013). We hypothesized that recirculation driven pump might be the cause. Therefore, the objective of this study was first to replace the submersible motor with non-submersible types to evaluate the possibility of planting strawberry in Enshi solution with closed hydroponic system in PFAL. We also emphasized on enhancing daughter plant production and estimating the turn-over rate of the mother plant in the production system.

3. MATERIALS AND METHODS

Plant material

'Taoyuan No.1' was the selected cultivar in this study. The mother plants were cultivated from daughter plants for 8-9 weeks in hydroponic system in NTU plant factory A3 room with temperature setting at 20 ^{o}C and lighting period for 16 hr. The cultivating shelves composed 3-4 cultivating bed vertically, each cultivating bed was 110 cm x 50 cm in size and equipped with 9 Philips TL5 fluorescent lamps (28W/865 6500K) 25 cm above. The light intensity was 360-160μmol m^{-2} s^{-1} measured form 5 cm below the lamps to the cultivating plane. Data logger (UA-002-64, Onset Hobo, MA, USA) were placed on the central of cultivating bed, and the actual temperature recorded was 24 /19°C (light /dark). The leaves of mother plants were trimmed every week and maintain to have 2-3 leaves to avoid shading. The new leaf generation, leaf area after old leaf removal, crown diameter, SPAD value (SPAD-502, Spectrum Technologies, Plainfield, IL, USA) and runner formation was recorded weekly in Experiment I (Exp I). The new leaf was characterized as they unfolded. In experiment II, runner and daughter plant formation was recorded at harvest when the daughter plants cover the cultural plane.

Hydroponic system

Experiment I (Exp I) was testing recirculation system against non-circulation system. The recirculation systems were driven by booster and magnetic drive pumps, and which were tested against the non-circulation system (CK). The culture solution in Exp I was Enshi (E) (Kitazawa et al., 2005), and modified Enshi (ME) was formulated according to the nutrient consumption of Exp I in experiment II (Exp II). In recirculation system, the solution of Exp I was adjusted every 8 days by suppling nutrient solution. In Exp II, the solution was adjusted weekly either by suppling nutrient solution (EC $\leq$ 0.75 ds/m) or water to the tank. The pH was titrated to 6.5 after the supplement.The hydroponic solution was sampled before and after the adjustment for HPLC (IA-300, DKK-TOA Corporation, Japan, Cationic column: PCI-205l, Anion column:PCI-322) analysis in Exp I. The solution in non-circulation system was renewed in the interval of 8 days. The duration of Exp I was 48 days; the recirculation solution was renewed every 8 weeks in Exp II.

Data Analysis

The experiment was arranged in a completely random design. All data were analyzed by Fisher least significant difference (LSD) test ($P< 0.05$) and subjected to analysis of variance (ANOVA). Graphing was performed with Sigma Plot 10.0 (Systat Software, Inc., San Jose, CA, USA)

4. RESULTS

Magnetic drive pump-recirculation system can grow strawberry hydroponically

The appearance of the plants was indistinguishable among the plants that grown in recirculation and non-circulation system within the 8 weeks of experimental period (Fig 1). The shoot biomass, both fresh and dry weight, were significant higher in recirculation than non-circulation system in regardless of booster and magnetic drive pump (Table 1); however, the root growth showed no difference among the 3 systems. The pH value maintained rather constant, ranging 6.2-7.0, throughout the experimental period in the recirculation systems (Fig 2). In non-circulation system, the pH value dropped to 5.5 within the first 2 days right after the renewing of the solution and climbing back to 6.5 gradually in the following days. For the EC value, magnetic drive-pump recirculation system and non-circulation system maintained closed to the setting 0.6, while the booster pump-recirculation system kept climbing and up to 0.84 (Fig 3).

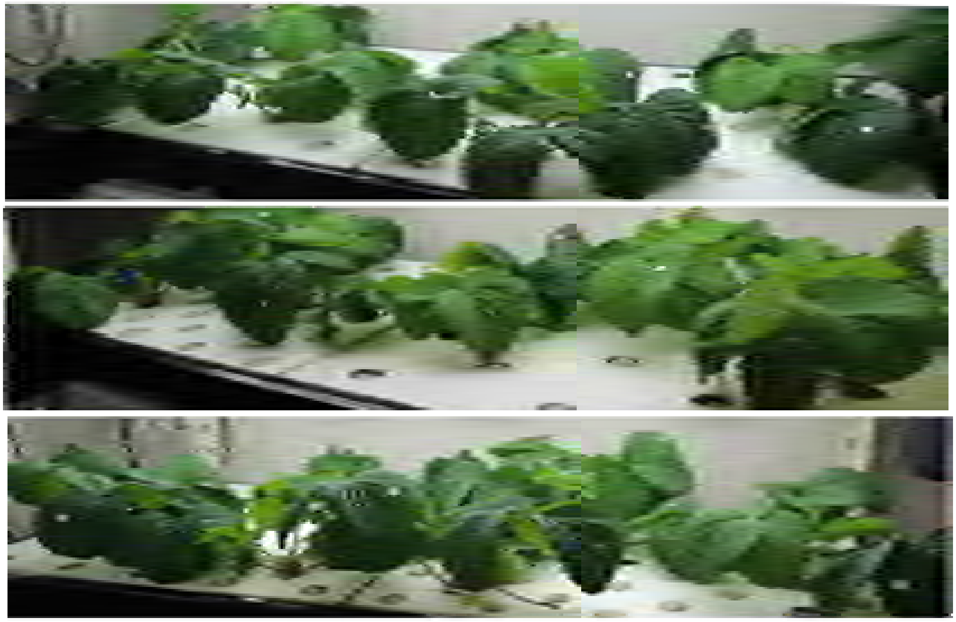


Fig 1. The growth of 'Taoyuan No.1' grown under (A) non-circulation system, (B) booster pump and (C) magnetic drive pump-recirculation systems. The photo was taken at 41st days after transferred into the systems. The hydroponic solution of the non-circulation system was refreshed in every 8 days. The experiment was conducted from 23 Jul. to 9 Sep. 2014.

Table 1. The biomass of 'Taoyuan No.1' strawberry at the end of the comparable experiment among non-circulation system, booster pump and magnetic drive pump-recirculation systems. The experimental duration was 48 days.

System[z]	Shoot			Root			S/R
	FW (g)	DW (g)	Dry matter (%)	FW (g)	DW (g)	Dry matter (%)	DW ratio
Non-circulation	34.67 a	13.22 a	38.12 a	30.64 a	3.76 a	12.29 a	8.14a
Booster pump	38.25 a	14.03 a	36.68 a	31.93 a	3.64 a	11.41 a	8.76a
Magnetic pump	41.00 a	14.30 a	34.87 a	36.99 a	4.05 a	10.94 a	9.14a
$LSD_{0.05}$[y]	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Non-circulation	34.67 b	13.22 b	38.12 a	30.64 a	3.76 a	12.29 a	8.14a
Booster pump	38.25 a	14.03 a	36.68 a	31.93 a	3.64 a	11.41 a	8.76a
$LSD_{0.05}$	*	*	NS	NS	NS	NS	NS
Non-circulation	34.67 b	13.22 b	38.12 a	30.64 b	3.76 a	12.29 a	8.14a
Magnetic pump	41.00 a	14.30 a	34.87 b	36.99 a	4.05 a	10.94 b	9.14a
$LSD_{0.05}$	**	*	**	*	NS	**	NS
Booster pump	38.25 a	14.03 a	36.68 a	31.93 a	3.64 a	11.41 a	8.76a
Magnetic pump	41.00 a	14.30 a	34.87 a	36.99 a	4.05 a	10.94 a	9.14a
$LSD_{0.05}$	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

[z]Two recirculation system was with 2 replicates, and each replicate was with 12 plant. The non-circulation system was with 12 plants.
[y]Statistical analyses were conducted using ANOVA (Costat 6.2, CoHort Software, USA) and the means compared with LSD test with a significance level *p*< 0.05.

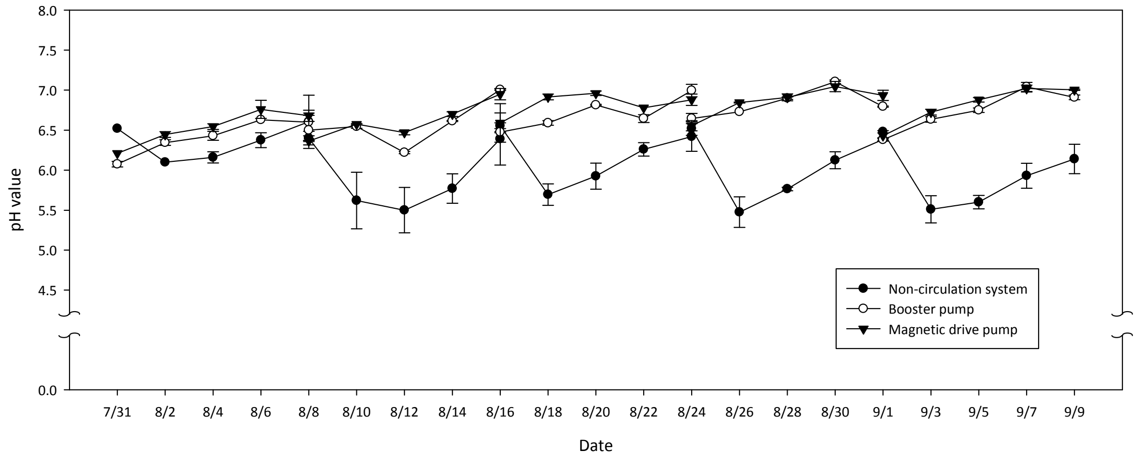


Fig 2. The variation of pH values in the hydroponic solution of the recirculation and non-circulation hydroponic systems, and the recirculation hydroponic system was driven by booster and magnetic drive pumps. 'Taoyuan No.1' was planted in the experiment from 23 Jul. to 9 Sep. 2014.

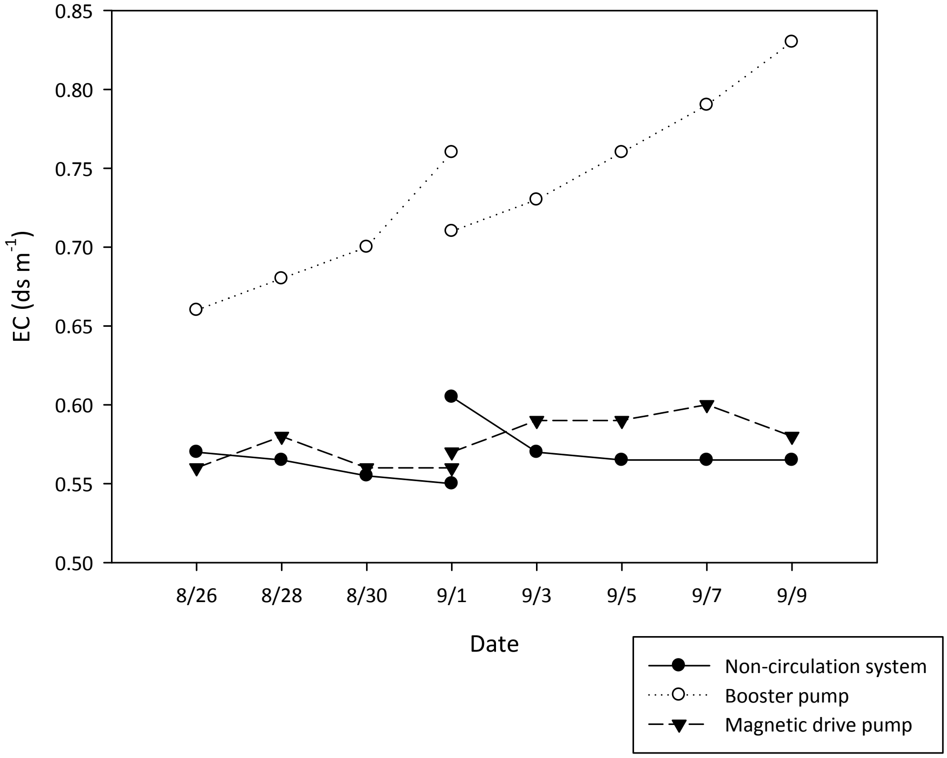


Fig 3. The variation of EC values in the hydroponic solution of the recirculation and non-circulation hydroponic systems, and the recirculation hydroponic system was driven by booster and magnetic drive pumps. 'Taoyuan No.1' was planted in the experiment from 23 Jul. to 9 Sep. 2014.

The nutrient consumption was not significant different between the 2 recirculation systems (Fig 4). There were severe solution splitting in the booster pump-recirculation system in the second week due to sudden increase of pressure; therefore, the consumption of second week was over calculated. The result also showed that current nutrient management resulted NO_3^- depletion and SO_4^{2-} accumulation at the end of Exp I.

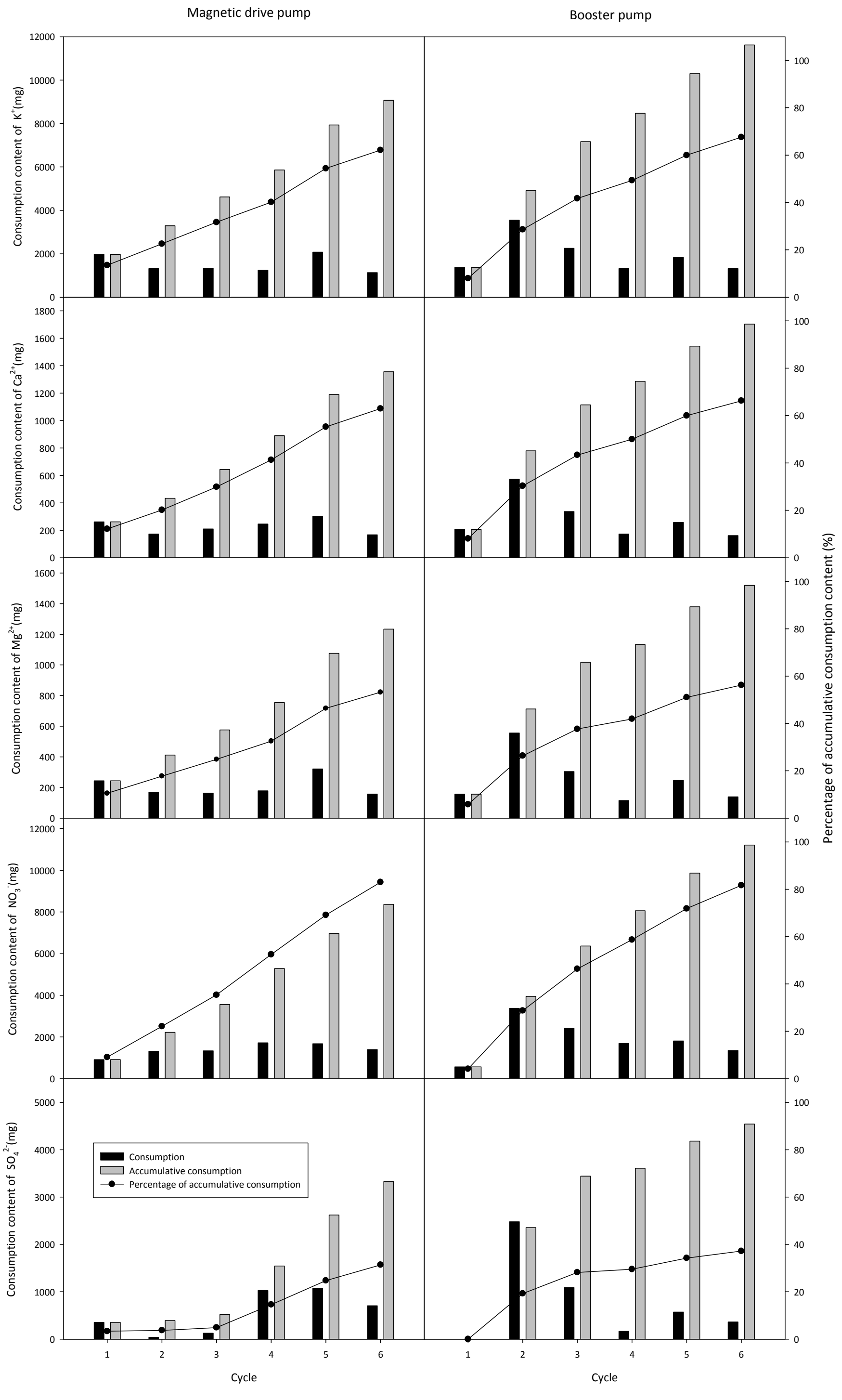


Fig 4. The ion consumption of each cycle and accumulative consumption in recirculation system. Recirculation hydroponic system was driven by booster pump and magnetic drive pumps. Each cycle was 8 days becaused the non-circulation system renewed its solution. 'Taoyuan No.1' was planted in the experiment from 23 Jul. to 9 Sep. 2014.

Modified Enshi solution increases daughter plant production

Enshi solution was modified to increase N content and decrease SO_4^{2-} content according to the result of Exp I, and the modified solution was designated as modified Enshi (ME). The effect of solution on daughter plant production was evaluated for 6 lots of harvest. There was no interaction between solution and harvest lots on leaf and runner formation, crown diameter, SPAD value, leaf area and daughter plant generation (Table 2). ME solution increased accumulated runner formation, leaf SPAD value and area, and daughter plant generation (Table 2 and Fig 5). Harvest lots significantly affected the parameters mentioned above. The total daughter plant production was significantly higher in ME (Table 3). Nearly all the daughter plants survived after 3 weeks of acclimation and can be used as healthy mother plants.

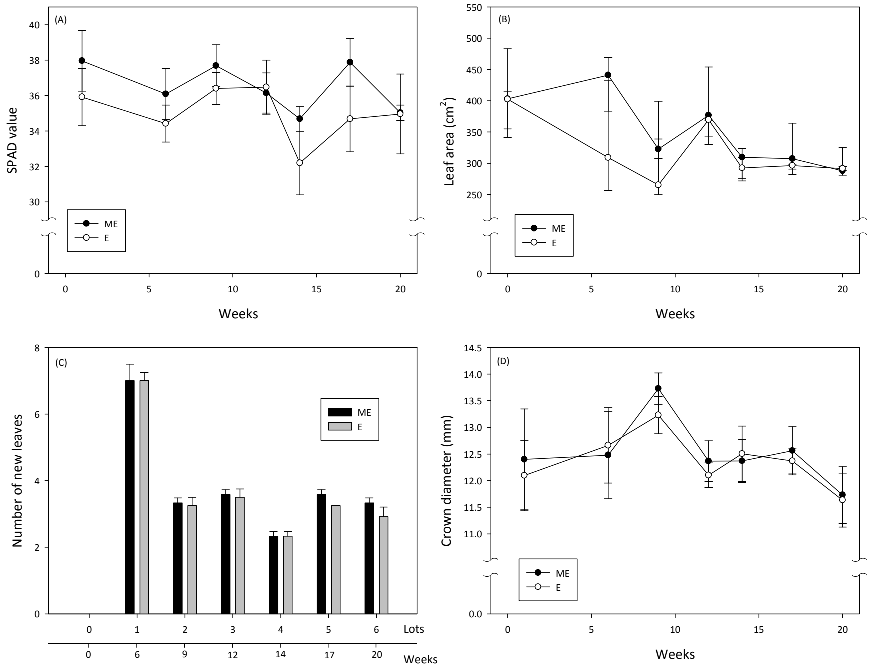


Fig 5. The effect of hydroponic solution on the growth of strawberry ‘Taoyuan No.1’. (A)The SPAD value of the youngest fully expanded leaf, (B) the leaf area, (C) the accumulative new leaves, and (D) the crown diameter of mother plant were recorded after daughter plant harvesting. In the recirculation hydroponic systems, the modified Enshi(ME) and Enshi(E) solution were tested and refreshed every 8 weeks. The experiment was conducted from 13 Feb. to 3 Jul. 2017.

Table 2. The analysis of variance (ANOVA) of two solution formula on daughter plants production in strawberry 'Taoyuan No.1' mother plant.

	Leaf number		Runner number		Crown diameter (mm)	SPAD value	Leaf area (cm^2)	Daughter plants
	Single harvest[w]	Accumulative	Single harvest	Accumulative				
Solution (S)[z]	NS	NS	NS	**	NS	**	**	*
Lot (T)[y]	***	***	***	***	***	**	***	***
S*L[x]	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

[z]Two treatment and each treatment was with 3 replicates. Each replicate was with 4 plants.
[y] The experimental duration was 140 days. There were 6 lots of harvest.
[x] Statistical analyses were conducted using ANOVA (Costat 6.2, CoHort Software, USA) and the means compared with LSD test with a significance level $p < 0.05$.
[w]The new leaves and runners generated from mother plants between harvests.

Table 3. The daughter plants number of strawberry 'Taoyuan No.1' mother plant growing under two solutions.

	Modified Enshi				Enshi			
Harvest Lots[z]	Daughter plants			Survival ramets[w]	Daughter plants			Survival ramets
	rooted[y]	un-rooted[x]	total		rooted	un-root	total	
1	57	5	62	61	58	4	62	62
2	65	22	87	87	63	9	72	72
3	56	14	70	70	52	12	64	64
4	50	7	57	N.D.[v]	52	5	57	N.D.
5	66	19	85	N.D.	59	16	75	N.D.
6	65	19	84	N.D.	65	18	83	N.D.
total	359	86	445a	N.D.	349	64	413b	N.D.

[z]Harvest the runner when the daughter plants cover the culture plane, and harvested 6 times.
[y]Daughter plants rooted in hydroponic system.
[x]Daughter plants rooted in the culture medium in greenhouse.
[w]The daughter plants survived and were ready to transplant to the field.
[v]Not determined: the daughter plants did not be evaluated in the greenhouse.

5. DISCUSSION

Replacing submersible pump with booster or magnetic drive pumps in DFT system, strawberry plants maintained healthy throughout the whole experimental period (Fig 1) indicated that pump type affected nutrient supplement in DFT system. The plants in the magnetic drive pump-recirculation system increased 18% of shoot weight and 21% of root weight (Table 1). Kitazawa *et al* (2005) suggested that the growth of strawberry plants in closed hydroponic system may be inhibited by their root exudates including lactic acid, benzoic acid, succinic acid, adipic acid and p-hydroxybenzoic acids. In addition, all the exudates inhibited root growth but only benzoic acid affected shoot growth. The deleterious effects of those organic acids might be alleviated by activated charcoal absorbing or electrodegradating (Asao et al., 2008; Kitazawa et al., 2005); however, the decrease in vegetative growth remained to be solved. The factor that hinder plant growth in submersible pump driven system was immediate and vanished by replacing driven power revealed that the cause was different from root exudates. The magnetic drive pump-recirculation system was selected for further study due to its stable pH and EC values (Fig 2 and 3).

Enshi solution composed both NO_3^- and NH_4^+. Plant root tends to absorb NH_4^+ first when both types of N exists in the nutrient solution and releases H^+ accompanying the absorption, as the result the solution pH would decrease (Ikeda, 1983). In current test, nearly all NH_4^+ was absorbed within 8 days in all systems tested (data not shown). Therefore, the pH of the non-circulation system dropped within the first 2 days after each solution renewing and climbing up in the following 6 days (Fig 2). In recirculation system, NH_4^+ concentration remained very low in the following weeks indicating the solution adjustment each week did not alter NH_4^+ concentration, and that can explain the maintain of pH value (6.2-7.0).

The ion consumption was more stable in magnetic drive pump-recirculation system (Fig 4). Since the NO_3^- supplement in weekly adjustment is less than weekly consumption, N source will be run out in 8 weeks in current solution management. On the other hand, SO_4^{2-} kept accumulating. For prolonging the recirculation period, a modified Enshi solution was formulated and tested for daughter plant production.

The vegetative growth of strawberry may be significantly affected by the ratio of NH_4^+/NO_3^- in nutrient solution (Tabatabaei et al., 2006). Under the situation of same concentration of N, the fertigation solution contained NO_3^- as sole N source or high NH_4^+ would resulted in less vegetative growth, and NH_4^+/NO_3^- between 25:75 and 50:50 may produce more leaf, higher fresh and dry weight and larger leaf area. In our hydroponic

system, the N concentration was increased in modified Enshi solution and its NH_4^+/NO_3^- was also modified from 7:93 to 17:83. The comparative study showed that modified Enshi solution resulted in higher SPAD value, larger leaf area, more runner and daughter plant production (Table 2). In the recirculation period, pH value may drop to 4 in the first 2 weeks due to higher NH_4^+/NO_3^-; however, no visible physiological difference between treatments was observed. Due to the variation of leaf area and crown diameter, the experiment was stopped at 6th lot of harvest.

In the magnetic drive pump-recirculation system, the daughter plant production was 13.48 and 12.52·m^{-2}·week·layer for modified Enshi and Enshi solution. Both the hydroponic rooted and unrooted daughter plants grew well in pots and could be used as mother plants of next generation or transplanted to the field for fruiting. We concluded that recirculation hydroponic system in closed plant factory can be used as a bioreactor for daughter plant production and modified Enshi solution may increase 8% of yield.

6. Literature cited

1. Asao, T., Kitazawa, H., Ban, T., Pramanik, M. H. R. and Tokumasa, K. 2008. Electrodegradation of root exudates to mitigate autotoxicity in hydroponically grown strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch.) plants. HortScience, 43(7): 2034-2038.
2. Hung, Y. W. 2013. Study on producing strawberry runners with a hydroponics system in plant factory. Master Thesis, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
3. Ikeda, H. and Osawa, T. 1983. Effects of ratios of NO_3 to NH_4 and concentrations of each N source in the nutrient solution on growth and leaf N constituents of vegetable crops and solution pH. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 52(2): 159-166.
4. Jensen, M. H. 1997. Hydroponics worldwide. Acta Horticulturae 481: 719-729.
5. Kitazawa, H., Asao, T., Ban, T. Pramanik, M. H. R. and Hosoki, T. 2005. Autotoxicity of root exudates from strawberry in hydroponic culture. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 80(6): 677-680.
6. Kozai, T. 2013. Resource use efficiency of closed plant production system with artificial light: Concept, estimation and application to plant factory. Proceedings of the Japan Academy, Series B, 89(10): 447-461.
7. Martínez, F., Castillo, S., Carmona, E. and Avilés, M. 2010. Dissemination of Phytophthora cactorum, cause of crown rot in strawberry, in open and closed soilless growing systems and the potential for control using slow sand filtration. Scientia horticulturae, 125(4): 756-760.

8. Ruijs, M. N. A. 1992. Economic evaluation of closed production systems in glasshouse horticulture. Acta Horticulturae 340: 87-94.
9. Tsukagoshi, S., Ito, T. and Shinohara, Y. 1994. The Effect of Nutrient Concentration and NH_4-N Ratios to the Total Nitrogen on the Growth, Yield and Physiological Characteristics of Strawberry Plants. Environment Control in Biology, 32(1): 61-66.

Yield prediction of hydroponic grown lettuce base on nutrient uptake in plant factory

Shih-Wei Kong and Wei Fang
Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University

1. Abstract

The purpose of this study was to develop a yield prediction model by measuring amount of nutrient uptake in plant factory for hydroponically grown lettuce. An automated system was developed to control pH and Electrical Conductivity (EC) of nutrient solution and measuring the amount of nutrient absorbed. The integral nutrient uptake in full day, light period and dark period were compared with fresh mass of lettuce after harvested. The result shown the integral nutrient uptake in full day had best linear relationship (R^2: 0.95) with the fresh mass harvested. This system can predict the fresh mass of lettuce harvested after 3 days of pure water treatment for nitrate control, and can also be used as early warning mechanism when the nutrient absorbed are low compare with normal conditions.

Keywords: nutrient uptake, plant factory, yield prediction, lettuce, hydroponics

2. Introduction

Plant factory is sustainable and environmentally sound for the growth of plants. It used much less amount of water, nutrition, and labor when compare with traditional open field and greenhouse production. A plant factory using only artificial light and enriched CO_2 are normally air-tight with very low air-exchange rate and no pesticides are needed during cultivation. Light, air temperature, humidity, wind speed, water, **CO_2** concentration, pH and EC of solution, etc. were controlled in order to create an artificial and efficient cultivation environment in an indoor space.

Hydroponic cultivation system is the most commonly used in plant factory. It has several advantages, such as: optimal efficiency in the use of water and nutrients, shortening life cycle of plant, fast economic return, dispensing crop rotation and with high environmental benefit (Vernieri et al., 2005). In addition, hydroponic cultivation has been reported not only to be associated to higher production yields but also to allow better control and standardization of the cultivation process, thus reducing overall production costs (Nicola et al., 2005; Fallovo et al., 2009). In hydroponic crops, nutrients play a key

role in the quality and productivity of crops. The balanced application of nutrients (macro and micro elements) is vital in determining the quality of the product (Abou-Hadid et al., 1996).

An automated system was developed to control pH and concentration of nutrient solution in this study, and measured the amount of nutrient absorption to assess mass of lettuce with the assumption that the lettuce growth and nutrient uptake are directly related. Expecting this system keep abreast of the physiological state of lettuce, and help user to manage plant factory.

3. Materials and Methods

Plant Material and Growth Conditions

Lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Ostinata, Known-You Seed Co., Taiwan) was cultured hydroponically using the deep flow technique (DFT) in an environmental controlled confined chamber (5 m^2). Lettuce seeds were soaked for 5 hours then sown into plug trays, using foam/sponge cube as growth media, allow germination and growth for 14 days (stage 1: seeding stage) under cool-white florescent lamp (relative peaks at 436, 546 and 611 nm, Wellypower, Taiwan) with PPF at 250 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ in a growth chamber. The temperature and humidity of the chamber were kept at 20℃ and 70 ~ 80 % with a 24 hours light period (Daily Light Integral: 21.6 $mol \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$).

In stage 2 (day 15 to day 28; seedling stage) and 3 (day 29 to day 35; mature stage), the seedling were transplanted to another room with Day/Night temperature of 25/18 °C and humidity of 70 ~ 80 % and used light-emitting diodes (LED) as light sources with daily light integral (DLI) of 10.08 $mol \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$ (200 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$, Light/Dark: 14/10 hours). In stage 4 (day 36 to day 38; harvest stage), nutrient solution was replaced with pure water for nitrate control and harvested at 38th days after seeding. The CO_2 concentration was kept at 1200 ppm in light period. Plant densities were 824 plants m^{-2} from day 0 to day 14, 52 plants m^{-2} from day 15 to day 28 and 17 plants m^{-2} from day 29 to day 38.

Yamazaki's nutrient solution (Yamazaki, 1982) was used for experiments. The pH and electrical conductivity (EC) of nutrient solution were kept at 5.5 and 1.2 $mS \cdot cm^{-1}$, respectively with an automatic adjusting equipment.

Planting Schedule

As mentioned above, production is separated into 4 stages: 1. seeding, 2. seedling, 3. mature, 4. harvest stage. The seeding stage is conducted in a growth chamber and other 3 stages were in a confined environmental controlled room within the plant factory of

National Taiwan University. The crop is grown in a 3-layer bench; the top layer is the cultivation area of seedling stage anddivided into area A and B. The second and third layers are for the mature (nutrient solution for 7 days) and harvest stages (pure water for 3 days) after transplanting from top layer area Aand B, respectively. The nutrient solution used in stages 2 and 3 (15 to 35 days after seeding) were recorded by measuring amounts of stock solution A and B added into the solution tank.

The planting schedule was shown in Fig. 1. The seeds were seeded in seeding area A from day 0 today 14 (seeding stage), then transfer to seedling area Afrom day 15 today 28 (seedling stage), then moved to harvest area A from day 29 today 35 (mature stage). On day 35, the nutrient solution of harvest area A was was replaced with pure water for nitrate control and harvested after 3 days (on day 38).When seeding area A becomes empty at day 15, enter the 3rdbatch oflettuce immediately. On day 29, the seedling area becomes empty allowing 3rd batch of lettuce to move in. On day 42,harvest area A was empty allowing 3rd batch of lettuce at day 28 to move in.

The integral nutrient uptake in full day, light (08:00 am ~ 22:00 pm) and dark (22:00 pm ~ 08:00 am) periods were compared with fresh mass of lettuce after harvested.

Nutrient Uptake Measurement Methods and Equipment

The hydroponic nutrient control system consists of control box, EC/pH electrodes, peristaltic pumps (flow rate: 48.81 ± 1.35 mL min^{-1}), stock solution tanks, acid liquor storage tank (0.1 M, H_3PO_4) and water circulating pump. The water level of hydroponic tank was maintained by liquid level sensor and electronic valve. When the water level of hydroponic tankwas lower thanliquid level sensor, electronic valve will open to add water.After30 sec, the water level in tank will be checked using liquid level sensor until water level was equal or higher than liquid level sensor. The amount of water added was recorded.

The EC values of stock solutions A and B are 88.3 and 83.3 mS cm^{-1}, respectively and pH are 5 and 6.54, respectively. The amount of A or B stock solution used in nutrient supplement were equal, and were recorded by programmable logic controller (PLC) and computer. The nutrient control system was used at seedling and mature stages. The amount of nutrient absorbed was measured by recording the amount of stock solutions A and B added to the system from day 15 to day 35 after seeding.

This study compared the overall nutrient uptake in full day, light (08:00 am ~ 22:00 pm) period and dark (22:00 pm ~ 08:00 am) period with fresh mass of lettuce after harvested.

Measurement of Basic Nutrient Uptake of Lettuce

Crops at different growth period would have different nutrient absorption rate. Figure 1 showed that at day 29 the cultivation bed has 3 lettuce crops grown at day 15, 22and 29 at the same time, thus leading to a complex situation that the amount of nutrient absorbed is not equally contributed by 3 crops. An experiment was designed to reveal the amount of nutrient uptake day after day. Totally 112 lettuces were grown at seedling stage (from day 15 to day 28), and 75 plants were selected then transplant to harvest area to begin the mature stage (from day 29 to day 35). The amount of nutrient solution absorbed was recorded from day 15 to day 35.

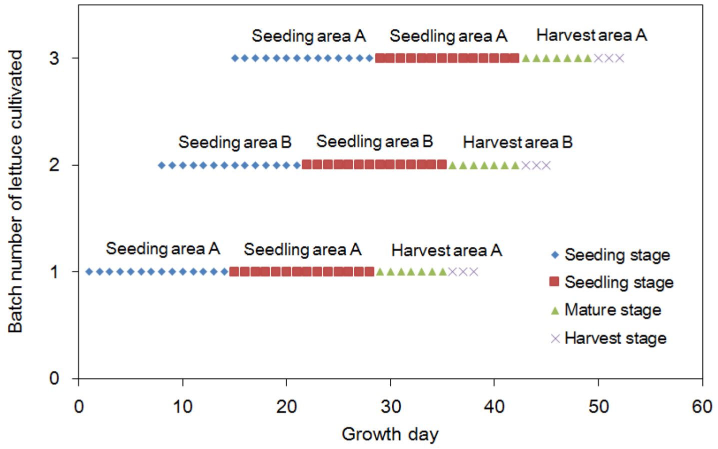


Figure 1 The planting schedule of lettuce.

Recording Software

The parameters of air (temperature, humidity and carbon dioxide) and nutrient solution (EC, pH and absorption) were recorded (LabVIEW, National Instruments, USA) on a remote computer every ten minutes. The equipment can be controlled through AP (Access Point) with TCP / IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) in a Wi-Fi environment.

4. Results and Discussion

Measurement of Basic Nutrient Uptake of Lettuce

The amount of nutrient solution absorbed by lettuces in a batch at week 3, 4 and 5 was shown in table 1. The amount of nutrient solution absorbed increased along with week of growth. The fresh mass of lettuce cultivated after 28, 35 and 38 days from seeding was 37.75 ± 6.69 g, 93.24 ± 8.33 g and 111.8 ± 13.22 g, respectively. The nitrate concentration of lettuce harvested at day 38 after seeding was 2630 ± 351 ppm.

Table 1 The amount of nutrient uptake and the ratio of total nutrient uptake with lettuce each week growth.

Growth time	Nutrient uptake	
	Single week (mL)	Ratio of total (%)
Three week (NS_{t-2})	68.17	15
Four week (NS_{t-1})	151.47	34
Five week (NS_t)	230.71	51

The Relationship between Nutrient Uptake and Fresh mass

Values of Table 1 can be integrated as shown in Eq. [1]:

$$NA_t = NS_{t-2} \times 0.15 + NS_{t-1} \times 0.34 + NS_t \times 0.51 \quad (1)$$

The crop at different growth period would have different nutrient absorption rateTotal amount of *nutrient* solution absorbed by lettuce (NA_t, growth over 38 days) on week t can be considered as the 3 week total with 15%, 34% and 51% weighing factors in each week. A simplify equation was also proposed using only 2 weeks data assuming the 3rd week before harvest will be the same with the 2nd week as shown in Eq. [2], where NS_{t-2} was assumed equals to NS_{t-1}, thus Eq. [1] could be modified as below:

$$NA_t = NS_{t-1} \times 0.49 + NS_t \times 0.51 \quad (2)$$

The total amount of nutrient solution absorbed (NA_t) was assumed positively correlated with the average fresh mass ($AvgFM_t$) harvested on t week plus 3 days of pure water treatment as shown in Eq. [3].

$$AvgFM_t = a_1 \cdot NA_t + b_1 \quad (3)$$

The amounts of stock solution added per week were measured continuously from 2014/05/12 to 2014/10/27. The result of relationship between nutrient solution absorbed and fresh mass of lettuce were calculated by Eq. [3] as shown in Fig. 2 (NA_t estimated by Eq. [1]) and Fig. 3 (NA_t estimated by Eq. [2]).

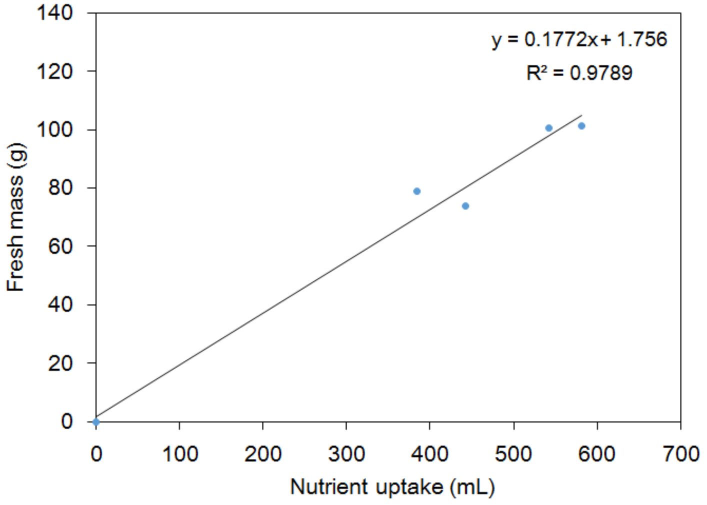


Figure 2 The relationship between fresh mass of harvested lettuce and the integral nutrient uptake through three consecutive weeks.

NA_t estimated by Eq. [1] had better coefficient of determination (R^2: 0.9789) than estimated by Eq. [2] (R^2: 0.9524). It is quite reasonable that using consecutive 3 weeks of data has higher accuracy. However less dataset can be generated due to interruption of maintenance tasks conducted in a plant factory and also some other reasons. The experiment was interrupted four times due to equipment failure, and replacement of carbon dioxide tank. Only 5 sets of complete data were generated as shown in Fig. 3. Due to the difference of coefficients of determination between NA_t estimated by Eq. [1] and Eq. [2] were small and also 0.95 is an acceptable value. NA_t estimated by Eq. [2] was adopted due to the convenience of equipment measuring in subsequent calculations.

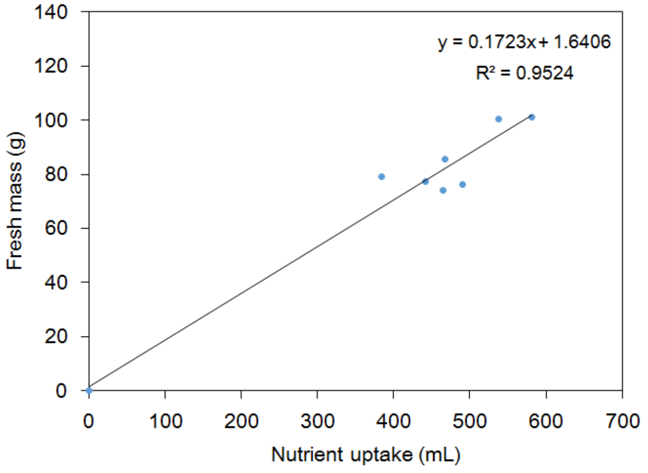


Figure 3 The relationship between fresh mass of harvested lettuce and the integral nutrient uptake through two consecutive weeks.

As shown in Fig. 4, the values of nutrient absorption integrated during full day had the better coefficient of determination (R^2: 0.9524) than integrated during only light (R^2: 0.795) or dark (R^2: 0.7295) period.

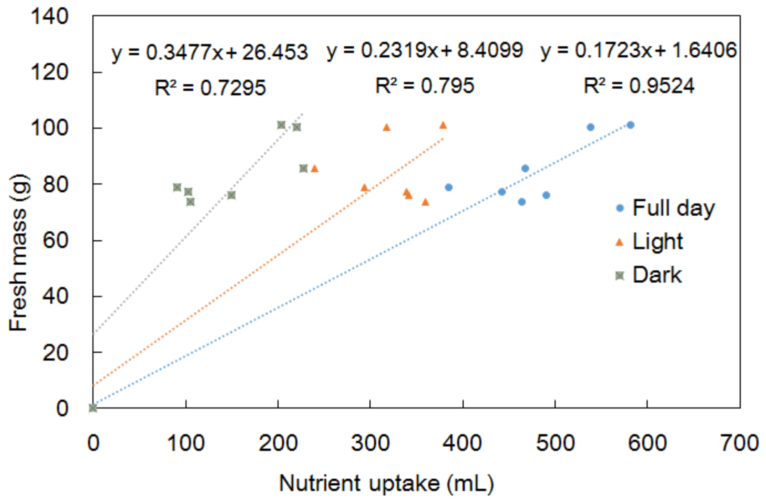


Figure 4 The relationship between fresh mass of lettuce harvested and the integral nutrient uptake in full day, light (08:00 am ~ 22:00 pm) and dark (22:00 pm ~ 08:00 am) periods.

The hydroponic system using the deep flow technique (DFT) had more water, and the time of nutrient solution adjusting was too long. So lettuce absorbing nutrient in light period might been counted to the dark period. This bias could be the reason that counting only light period is less accurate compare with counting the whole day.

In order to calculate the amount of nutrient solution absorbed per plant, the Eq. [4] was derived.

$$FM_t = a_1' \times \left(\frac{NS_{t-1} \times 0.49}{NOP_{t-1}} + \frac{NS_t \times 0.51}{NOP_t}\right) + b_1' \quad (4)$$

$NOP_t$was the number of plants grown from day 29 to day 35 (75 plants in seedling stage), and $NOP_{t-1}$was the number of plants grown from day 15 to day 28 (112 plants in mature stage). The result of relationship between nutrient solution absorbed per plant and fresh mass of lettuce were calculated by Eq. [4] as shown in Eq. [5] (R^2: 0.9576).

$$FM_t = 27.077 \times \left(\frac{NS_{t-1} \times 0.49}{112} + \frac{NS_t \times 0.51}{75}\right) + 5.8875 \qquad (5)$$

Note that the Eq. [5] can be used only for the harvested fresh mass in between 73.90 and 101.19 g.

A system of nutrient absorption based yield prediction model/method of hydroponically grown lettuce was developed. The values of nutrient absorption integrated throughout the whole day had the best liner relationship with fresh mass of harvested lettuce compare with counting only the light period or dark period. It can predict the fresh mass of harvested lettuce after three days of pure water treatment to reduce nitrate concentration. In the future, more experiments will be conducted and an early warning mechanism will be included. A week by week reasonable amount of nutrient solution consumption can be predicted and compare with actual consumption and decision support tool can be developed accordingly.

5. Literature Cited

1. Abou-Hadid, A.F., Abd-Elmoniem, E.M., EL-Shinawy, M.Z. and Abou-Elsoud, M. 1996. Electrical conductivity effect on growth and mineral composition of lettuce plants in hydroponic system. Acta Hort. 434: 59-66.
2. Fallovo, C., Rouphael, Y., Rea, E., Battistelli, A. and Colla, G., 2009. Nutrient solution concentration and growing season affect yield and quality of *Lactuca sativa* L. var. *acephala* in floating raft culture. J. of the Science of Food Agric. 89: 1682-1689.
3. Nicola, S., Hoeberechts, J., Fontana, E., 2005. Comparison between traditional and soilless culture systems to produce rocket (*Eruca sativa*) with low nitrate content. Acta Hort. 697: 549-555.
4. Vernieri, P., Borghesi, E., Ferrante, A. and Magnani, G. 2005. Application of biostimulants in floating system for improving rocket quality. J. of Food, Agri. and Environment. 3(3&4): 86-88.

Bioponics for lettuce production in plant factory with artificial lighting

Wei Fang, Hsin-Ying Chung
Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University

1. Abstract

Plant Factory with Artificial Lighting (PFAL) gains worldwide attention and the most popular culturing system is hydroponics which pure soluble inorganics fertilizers were used. The manufacturing process of these fertilizers are not environmental friendly. A new trend termed ‘Bioponics’ using organic fertilizer brought to our attention. This study aims at using two organic fertilizers (BIO N and BIO NK, Swiss Hydroponics Lab.) in a DFT system in PFAL producing Frill-ice lettuce, Boston lettuce and Frilly lettuce. Using Yamazaki formula (inorganic fertilizer) as the control group. The environmental settings of the PFAL are as follows: PPFD kept at 200 μmol $m^{-2}s^{-1}$, day/night temperature at 25/18℃ and CO_2 concentration at 1200 ppm. Results showed that the control group has the highest fresh mass in Frill-ice lettuce. Bioponics treatments greatly reduced the nitrate concentration of all lettuce and increased the fresh mass of Frilly lettuce. BIO N is not suitable for Boston lettuce. Further studies will be conducted using BIO NK and the Frill-ice lettuce. Using organic fertilizer in PFAL looks promising, however, the products of Bioponics can be considered organic products or not is still in controversy.

Keywords: Bioponics, Hydroponics, Deep Flow Technique, Organic

2. INTRODUCTION

Soilless culture is a widely and frequently used technique to grow plant without soil. It can use organic or inorganic substitute materials such as bark or rockwool or non-solid materials. Hydroponics is subset of the soilless culture using circulated nutrient solution. It provides a considerable degree of control of the elemental environment surrounding the root. Hydroponic cultivation systems have been developed to control soil-borne pathogens (Uyeda, et al., 2011) and especially powerful in element-deficit research. The ability to use organic fertilizer in hydroponics has been studied as a method to grow crops in space habitats (Garland, et al., 1997). The results showed direct use of organic fertilizer proved to be deleterious to plant growth.

Due to environmental protection and food safety reasons, organic agriculture bring lots of public attention. Many people considered organic agriculture can also provide more nutritious food with better taste. It is controversial. The National Organic Standards

Board(NOSB) is a Federal Advisory Board in the USA made up of 15 dedicated public volunteers from across the organic community. In 2016, NOSB announced a definition for the term 'bioponics' as below:

Bioponics is a contained and controlled growing system in which plants in growing media derive nutrients from plant-based, animal-based and mineral natural substances which are released by the biological activity of microorganisms.

Aquaponics and organic hydroponics fit the definition of bioponics. There are three major roles in aquaponics: fish/prawn, plant and beneficial bacteria. The fish/prawn wastes and uneaten feeds contained ammonia, which dissolved in water becomes ammonium ion, which can be nitrified by bacterial to become nitrate ion and nitrite ion. Both ammonium and nitrate ions are nutrient to the plants.

Traditional hydroponics use inorganic fertilizer in the circulated nutrient solution, organic hydroponics replace inorganic fertilizer with organic fertilizer which maybe combination of extracts from agriculture waste and/or plants/animals.

Shinohara, et al. (2011) compare the production of hydroponically grown tomato using organic and inorganic fertilizers. Results appeared that roots grown with inorganic fertilizer had no root hairs and large numbers of root hairs developed on the roots of tomato grown with fish-based soluble fertilizer. The hairs were also covered with biofilms Organic hydroponics can also induced systemic resistance (ISR) in lettuce against air-borne Botrytis cinerea, which causes gray mold (Chinta, et al., 2015). It can be stated that organic fertilizer can enhance/induce the growth of root hair thus providing better absorption of nutrients and less air-borne bacterial induced diseases, leading to better growth and yields.

The production of inorganic fertilizer from mineral to powder required lots of energy and creates lots of pollutants. The shipping and transporting of inorganic fertilizer from manufacturing sites to the sites of plant growth also required lots of energy thus it is non-environmental friendly compare with locally produced organic fertilizer. Most of the PFAL (Plant Factory with Artificial Lighting) uses multi-layer shelf equipped with hydroponic system such as NFT (Nutrient Film Technique), DFT (Deep Flow Technique) or E&F (Ebb and Flood). In such system, inorganic fertilizer are used. Recently, organic fertilizer was tested which also brought lots of attention. The purposes of this study was to test on three varieties of lettuce using two types of commercially available organic fertilizer in PFAL. To be used in confined environment such as PFAL, any material with bad smell is not allowed, thus leading to organic fertilizers extract from plant-waste a better choice.

3. MATERIALS AND METHODS

Culturing condition

Three varieties of lettuce (*Lactuca sativa* L.), namely Frill-ice, Boston, and Frilly

were grown in the PFAL of National Taiwan University. All seeds are locally available. As shown in Table 1 is the treatment code of 3 stages: pre-treatment stage, seedling stage and mature stage. Treatments of nutrient solution are: Purpose for the pre-treatment stage is to culture the water, to allow the growth of nitrifying bacterial in order to reduce the concentration of NH_4^+ and increase the concentration of NO_3^-. It required 21 days before sowing (DBS).

Inorganic fertilizer Yamazaki formula was used as the check and two organic fertilizers, BIO N and BIO NK (trade name of Swiss Hydroponics Lab) were tested in this study. Three types of lettuce were grown hydroponically from sowing to harvest for 42 days (Frill-ice lettuce) and 35 days (Boston and Frilly lettuce), fresh weight and minerals within the plants were analyzed.

Table 1 Treatments and codes in stages of lettuce production with organic fertilizer

Treatments	Pre-treatment stage DBS 21	Seedling stage DAS 0-14	Mature stage DAS 15-35/42
CK	-	N1_E1.2_p6.0_L200_d918_H24_A25	N1_E1.2_p6.0_L250_H16_d27_A25/18
BIO N	N2_E0.4_W23_DO8	N2_E0.4_p6.0_L200_d918_H24_A25	N2_E0.4_p6.0_L250_H16_d27_A25/18
BIO NK	N3_E0.4_W23_DO8	N3_E0.4_p6.0_L200_d918_H24_A25	N3_E0.4_p6.0_L250_H16_d27_A25/18

Note: DAS: Days After Sowing
DBS: Days Before Sowing
Treatment code:
Nx: N, Nutrient solutions
N1: Yamazaki Nutrient solution recipe
N2: BIO N (Swiss Hydroponics Lab)
N3: BIO NK (Swiss Hydroponics Lab)
E_x: E, Electrical conductivity (EC) of nutrient solution,
x, Value of EC, Unit: $mS \cdot cm^{-1}$.
px: p, pH value
L_x: L, LED tube (cool white, color temperature 6500 K)
x : Value of light intensity, Unit : $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$.
dx: d, Cropping density,
x, Value of cropping density, Unit : $plts \cdot m^{-2}$
H_x: H, Duration of light period,
x : Hours of light period per day, Unit : hours day^{-1}
A dT/nT: A, average day/night temperature, Unit : ^oC.
W: W, Water temperature, Unit : ^oC
DOx: DO, Dissolved oxygen, Unit : ppm.

Methods of measurement

Fresh weight of the plant

Remove roots and sponge, measured using electronic scale.

Nitrate and ammonium contents in nutrient solution

Reflectometer (Rqflex 10, Merck) with nitrate and ammonium test papers

Mineral contents within the plants

Take complete leaves, take 1g, frozen at -20 ° C for 48 hours grinding extraction dilution to the appropriate concentration (He et al., 1998). The samples were analyzed for their anion and cation contents using an ion analyzer (IA-300, DKK-TOA Corporation, Japan, Cationic column: PCI-205l, Anion column:PCI-322).

Statistical analysis

The results were analyzed using Duncan's multivariate analysis using statistical software SAS 9.1. Differences were considered significant when $p < 0.05$.

4. RESULTS and DISCUSSION

Saijai et al.(2016) used composted bark waste as the organic fertilizer in the water, pretreated for 21 days and found two beneficial bacterials: ammonia-oxidizing bacteria (Nitrosomonas) and nitrite-oxidizing bacteria (Nitrobacter) were involved in the conversion from NH_4 to NO_2, finally to NO_3. Shinohara et al. (2011) found that in some aquaponics system failed to grow lettuce seedling, maybe due to too much ammonium in the water. That is lack of pre-treatment stage. Same conclusion was revealed in an early study by Atkin and Nichols (2004), they concluded that in an organic hydroponics, with only ammonium-nitrogen without nitrate-nitrogen will significantly suppressed lettuce growth.

As mentioned above, organic fertilizer in nutrient solution required pre-treatment to allow ammonia- and nitrite-oxidizing bacterial to grow. As shown in Fig. 1 and 2, the ammonium concentration increases in the beginning and start to decrease at day 14, while the nitrate concentration starts to increase. Nitrate concentration of BIO NK on day 21 is much higher than the nitrate concentration of BIO N on day 25.

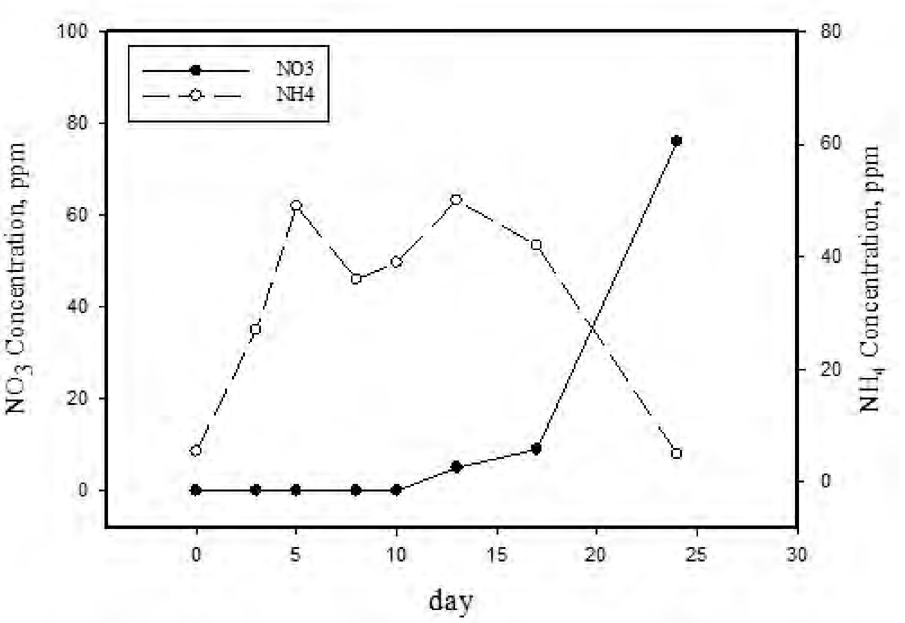


Fig. 1 Changes of nitrates and ammonium concentration in organic fertilizer (BIO N) during the pre-treatment stage

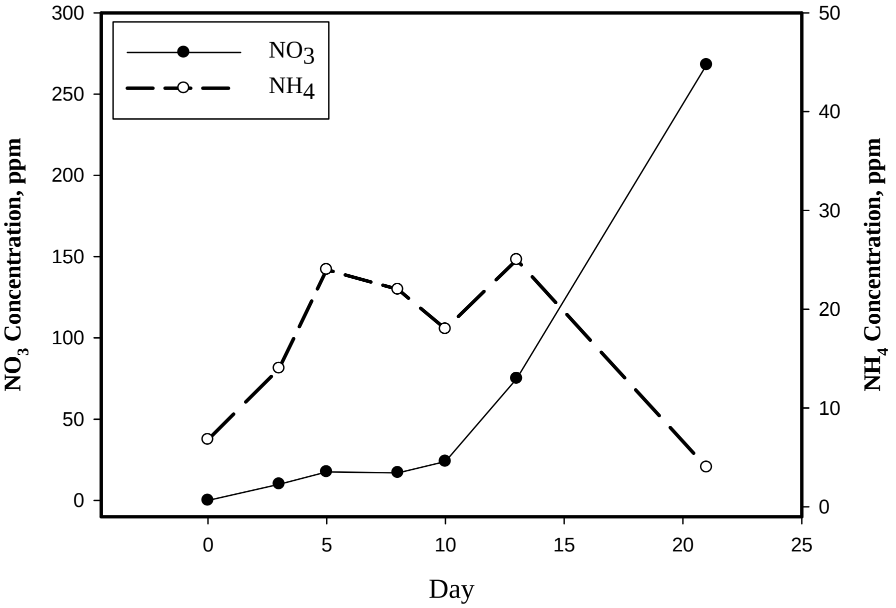


Fig. 2 Changes of nitrates and ammonium concentration in organic fertilizer (BIO NK) during the pre-treatment stage

Fig. 3 shows three types of lettuce harvested under three types of nutrient solutions. Organic fertilizers seems to suppress the growth of Frill-ice lettuce. The leaf color seems to

be lighter on Boston and Frilly lettuce grown using organic fertilizer. Frilly lettuce prefer BIO NK with highest fresh weight and Frill-ice prefer Yamazaki formula. Lettuce grown using inorganic fertilizer leads to higher nitrate content in the leaf and low nitrate content can be expected when grown using organic fertilizers as shown in Table 2. Similar results were also found by Shinohara et al. (2011). Reason might due to interaction between plant and microorganism. In most cases, plants grows slowly with organic fertilizer compare with plants grow with inorganic fertilizers, however, the human health benefit of greens with lower cellular nitrate-nitrogen may outweigh minor differences in yield as stated. This study with the add-in pre-treatment stage, as shown in Table 2 and Fig. 3, the fresh weight can be higher and merit of low nitrate concentration can be remain. Hanafy Ahmed et al. (2000) found that bio-fertilizers can not only reduce the nitrate content but also increase total sugars, total free amino acid and total soluble phenols of lettuce. It is suggested that plants may use the accumulated nitrate as an osmoticum and enables it to use more carbohydrates for plant structural growth, thus increasing the dry matter.

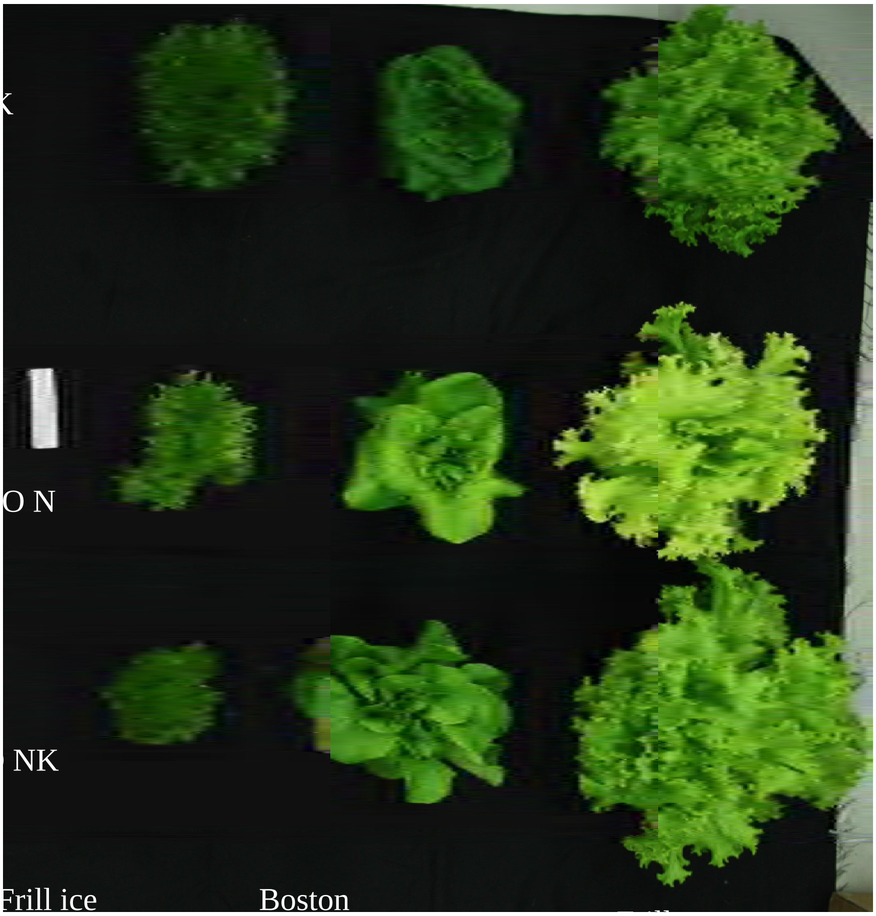


Fig. 3 Effects of different nutrient solutions on the growth of three types of lettuce (Frill ice lettuce, DAS 42. Boston and Frilly Lettuce, DAS 35. Bar = 10 cm).

Table 2 Effects of different nutrient solutions on fresh weight and nitrate content of three types of lettuce

	Fresh weight (g)			Nitrate content (ppm)		
	Frill ice	Boston	Frilly	Frill ice	Boston	Frilly
CK	82.3 a	88.8 a	75.0 c	6113.5 a	3251.4 a	5449.0 a
BIO N	23.1 b	64.1 b	108.3 b	888.4 c	1333.6 b	1159.0 c
BIO NK	25.0 b	92.1 a	176.1 a	1527.4 b	3908.7 a	2016.4 b

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test. n=10.

As shown in Table 3, different nutrient solution has no impact on ammonium contents in the leaf of lettuce. Organic fertilizers lead to higher concentration of Na, Ca and Mg in leaf of lettuce. BIO NK leads to higher potassium in the leaf compare with BIO N. Lettuce grown in BIO NK can have similar concentration of potassium ions in the leaf compare with lettuce grown using Yamazaki formula. As shown in Table 2, the fresh weight of lettuce grown using BIO NK is much higher than grown using BIO N. Reasons might be not only BIO NK provides more nitrate but also higher potassium and less sodium concentrations. Organic fertilizers can be further improved by reducing the concentration of sodium.

Table 3 Effects of 3 nutrient solutions on various ions in leaf of 3 types of lettuce

Treatments	Lettuce cultivars	NH_4 (ppm)	Na (mg/100g)	K (mg/100g)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
CK	Frill ice	7.4 a	2.9 d	384.5 b	253.6 c	98.8 c
	Boston	7.6 a	3.0 d	412.5 ab	234.8 c	73.5 c
	Frilly	15.0 a	3.4 d	418.0 ab	328.0 bc	87.2 c
BIO N	Frill ice	9.1 a	18.6 b	170.8 d	840.0 a	291.3 a
	Boston	10.8 a	26.5 a	262.0 c	946.7 a	296.3 a
	Frilly	16.8 a	19.3 b	138.8 d	567.5 b	216.7 ab
BIO NK	Frill ice	10.0 a	8.8 c	298.8 d	192.7 c	71.7 c
	Boston	10.5 a	19.7 b	484.0 a	550.3 b	185.6 b
	Frilly	10.3 a	16.6 b	403.5 ab	546.7 b	147.7 bc

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test. n=5.

5. CONCLUSIONS

Using organic liquid fertilizer in PFAL is quite promising for semi-head and leafy green production. Enhance the growth of root hair, reduce the nitrate concentration were proof by previous researchers and this study. This study further proof that with proper pre-treatment, without scarifying the fresh weight of the produces is possible. The environment in a PFAL is relatively clean. The plant-microorganism relationship can be proper managed to ensure efficient use of organic fertilizers. Most of the organic fertilizers can be locally produced and extracted from agricultural wastes, thus making the organic hydroponics more environmental friendly compare with traditional hydroponics using chemical fertilizers. In two types of organic fertilizer tested, BIO NK is preferred compare with BIO N due to rapid conversion from ammonium to nitrate, rapid growth of lettuce as well as proper concentration of minerals in lettuce. Organic fertilizers can be further improved by reducing the concentration of sodium. The need for pre-treatment stage seems to be the constraint of using organic liquid fertilizer if production time is of great concern. More study on add-in beneficial bacterial in organic hydroponic to reduce the duration of the pre-treatment time will be conducted.

6. Literature cited

1. Atkin, K., and M.A.Nichols. 2004. Organic Hydroponics Acta Hortic. 648,121-127.
2. Chinta, Y.D., Y.Eguchi, A.Widiastuti, M.Shinohara, and T. Sato. 2015. Organic hydroponics induces systemic resistance against the air-borne pathogen, Botrytis cinerea (gray mould). Journal of Plant Interactions 10, 243-251.
3. Garland, J.L., C.L. Mackowiak, R.F. Strayer, and B.W.Finger. 1997. Integration of waste processing and biomass production systems as part of the KSC Breadboard project. Advances in Space Research 20, 1821-1826.
4. Hanafy Ahmed, A., J.Mishriky, and M.Khalil. 2002. Reducing nitrate accumulation in lettuce (*Lactuca sativa* L.) plants by using different biofertilizers. Annals of agricultural sciences. 47, 27-42.
5. He, Y., S.Terabayashi, and T.Namiki. 1998. The Effects of Leaf Position and Time of Sampling on Nutrient Concentration in the Petiole Sap from Tomato Plants Cultured Hydroponically. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 67, 331-336.
6. Jones, J.B. 1982. Hydroponics: Its history and use in plant nutrition studies. Journal of Plant Nutrition 5, 1003-1030.
7. National Organic Standards Board (NOSB). 2016. Hydroponic and aquaponic task

force report. p.15.

8. Saijai, S., A.Ando, R. Inukai, M.Shinohara, and J.Ogawa. 2016. Analysis of microbial community and nitrogen transition with enriched nitrifying soil microbes for organic hydroponics. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry 80, 2247-2254.
9. Shinohara, M., C.Aoyama, K. Fujiwara, A. Watanabe, H. Ohmori, Y. Uehara, and M. Takano. 2011. Microbial mineralization of organic nitrogen into nitrate to allow the use of organic fertilizer in hydroponics. Soil Science and Plant Nutrition 57, 190-203.

Status of Plant Factory Industry and Recent Research in Taiwan

Wei FANG
Dept. of Bio-Industrial Mechatronics Engineering

1. Abstract

Plant factory (PF) industry is booming in Taiwan. Especially the PF using only artificial light as the sole light source (PFAL in short) in multi-layer shelf with carbon dioxide enriched, in an air-tight and thermally insulated chamber/room. It catches global attention started in East Asia and now worldwide. This paper focuses on the introduction of current status of the industry in Taiwan and briefly introduces some research conducted in the Dept. of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University.

Keywords: plant factory, Taiwan, industrialization, research, PFAL

2. STATUS OF PFAL IN TAIWAN

It was estimated that 70% of the population will live in the city compare with the current 50% (Kozai, 2014). This forecast simply means that urban agriculture will play more and more important role in supply of bio-mass. As mentioned by Glaeser (2011), for the sustainability of the Earth, the development of the city should go up instead of going out. It is the same for the development of urban agriculture –vertical farming, especially PFAL is the answer. Many people in Taiwan share the same thought. We do believe that PFAL can make us richer, smarter, greener, healthier and happier.

There are 45 organizations engaged in leafy green production using PFAL in Taiwan as of Sept. 2014. Totally 56 small to large PFs were built and operated. Among these 45 organizations, there are two research institutes, four Universities and 39 from private companies involved as shown in Fig. 1. The PFs built by Universities and research institutes were financially supported by inner funds and from the government and no support from the government to private companies.

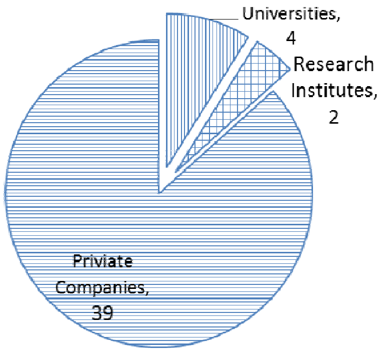


Fig.1 Distribution of PFAL in Taiwan categorized by organization before Sept., 2014

Among those 56 PFs, 73%, 20% and 7% are located in northern, central and southern Taiwan, respectively as shown in Fig. 2. The scale of PFs can be found in Fig. 3, they were categorized into six sizes based on amount of daily harvested assuming cropping density is 25 plants per square meter of cultural bed. In between the smallest (< 100 plants/day) and largest (> 10000) are 100 to 500, 500 to 1000, 1000 to 5000 and 5000 to 10000. Half of those PFs are small with daily production less than 100 plants and only one PF with daily production more than 10000 plants., they areprobablythe world largest PF with the daily harvest of 60000 plants (2.5 tons of leafy greens). Over 90% of PFAL are located in one room within a floor of an office building, some empty floor or basement inside a building in some industrial parks of Taipei area.

Among those 56 PFs, 73%, 20% and 7% are located in northern, central and southern Taiwan, respectively as shown in Fig. 2. The scale of PFs can be found in Fig. 3, they were categorized into six sizes based on amount of daily harvested assuming cropping density is 25 plants per square meter of cultural bed. In between the smallest (< 100 plants/day) and largest (> 10000) are 100 to 500, 500 to 1000, 1000 to 5000 and 5000 to 10000. Half of those PFs are small with daily production less than 100 plants and only one PF with daily production more than 10000 plants., they areprobablythe world largest PF with the daily harvest of 60000 plants (2.5 tons of leafy greens). Over 90% of PFAL are located in one room within a floor of an office building, some empty floor or basement inside a building in some industrial parks of Taipei area.

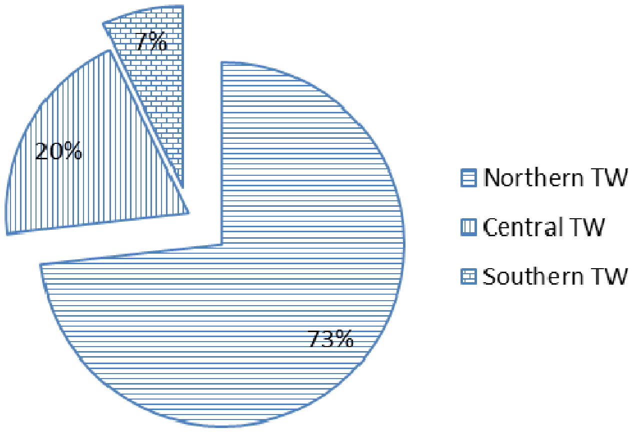


Fig.2 Geographical distribution of PFAL in Taiwan before Sept., 2014

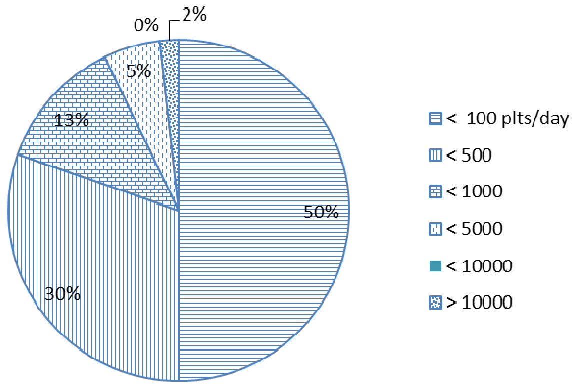


Fig.3 Number of PFAL in Taiwan categorized by daily production before Sept., 2014

Some companies started to export and built turn-key PFs abroad, mainly in China as shown in Fig. 4. Up to now, totally 11 projects took place and several has completed except two (in dashed line), one in Beijing and one in Xiamen. These two were suspended due to some financial reasons. Three out of 11 built the PFs in their own branch located in China.

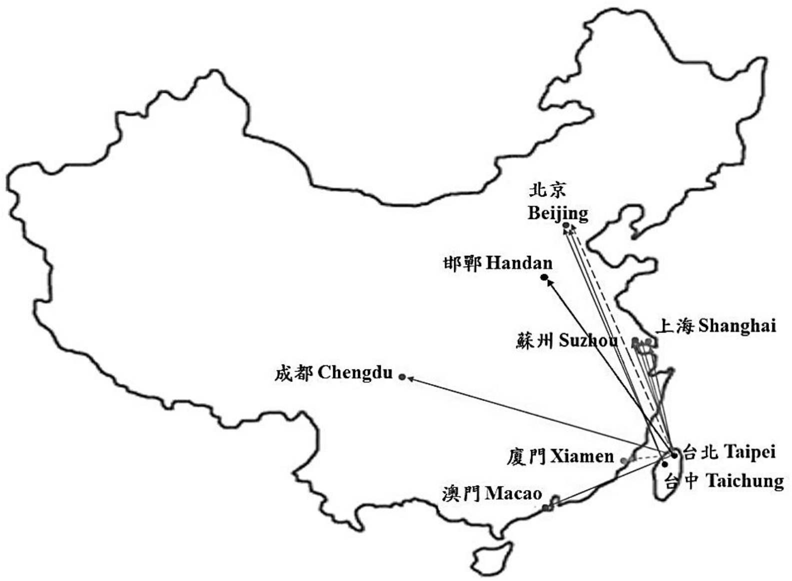


Fig.4 Export of turn-key PFALs from Taiwan to China

3. PFAL EXPO IN TAIWAN

To promote, exhibition and conference were held. PIDA (Photonics Industry & Technology Development Association) of Taiwan held photonics festival in Taipei, Taiwan for a consecutive of 23 years. PIDA is a NPO established by Taiwan Government to facilitate optoelectronic industry in Taiwan. Apart from an exhibition organizer, they also provide services such as industry research, consultation, promotion and communication in the industry and market. 2014 is the 3rd year they combine PF topic within the festival. Another two NPOs, Taiwan plant factory industrial development association (TPFIDA, founded in 2011) and Chung-hwa plant factory association (CPFA founded in 2012), were major co-organizers. The number of booths related to PFAL increased from 36 to 108 from 2012 to 2014.

Among the PF booths of 2014 expo, most of the companies demonstrate hardware used in PFAL. Several of them showed various spectrums and controls of LED tubes and panels. Some showed locally developed or imported nutrient control system. One booth was the Mirai-company from Japan showed the PF turn-key capability. Also several local companies expressed their capability in setting up PFAL abroad. At least five companies demonstrated the home appliance style plant growth desktop device and three showed growth bench to be used in the shop/restaurant/super market with or without controlled environmental capability. One company shows the LED illuminated green wall with the

air-cleaning capability. One company shows the aquaponics system. One company showed a variety of by-product with the PF grown vegetable ingredients.

4. PF Research

4.1 Costcomparison of PFAL

Crops grown in PFAL can be separated into 4 types: RTC, RTE (Ready To Cook, Eat)and CAW, EAW (Cook, Eat After Wash). The retail price of RTE lettuce and CAW Pak-Choi varied a lot, ranged from NT$500 to 2000 and NT$200 to 300 per kg, respectively. As shown in Table 1 are average retail price and cost of lettuce producedatJapan / Taiwan's PFALwithsame daily production of 1000 plants.

There are some fundamental reasons for this dramatic difference on production cost. Mainly, high construction cost and equipment, especially the LED cost, lead to high depreciation and high laborcost and electricity cost lead to high operating cost.

Table 1 Comparisons of retail price and cost of lettuce produced in Japan's & Taiwan's PFAL

Lettuce	Japan	Taiwan
Retail price*	¥150 ~ 200	¥81 ～ 420^
Cost*	¥80 ~ 100	¥47 ～ 56^

* in Japanese yen per 70 g fresh mass produced
^ exchange rate at 1 NT$ to 3 Japanese yen

4.2 Spectrums of LEDs used in PFAL

As shown in Fig. 5 is the spectrums of artificial light used in PFAL of Taiwan. Assuming the cultural bed is at the same size (1.8 m x 1.2 m), the comparison on light efficiency of various lights was listed in Table 2. The row with shadowed background showed that the LED-panels are less efficient in general when compare with LED-tubes with reflective film between tubes. Also, the longer the tube, the higher the overall efficiency in terms of quantitative measures using micro-mole per Joule as the unit.

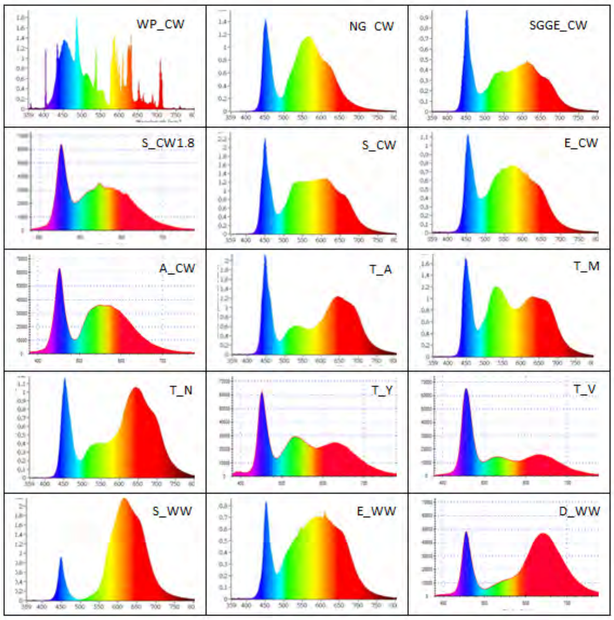


Fig.5. Spectrums of various artificial light used in PFAL (Fang, 2014).

Table 2 Comparison of efficiency of various lightsources used in PFAL (Fang, 2014)

Comp_Spec of Light sources	Reflectors on top	No. of tubes or panels	PPF* μmol m^{-2} s^{-1}	PPF x Area (μmol s^{-1})	Power consumption, W	Efficiency, μmol J^{-1}
S_CW1.8	Y	6 Tubes	334.9 ± 86.6	723.4	172.97	4.2
T_V	Y	9 Tubes	281.6 ± 59.4	608.4	195	3.1
H_CW	Y	9 Tubes	273.9 ± 79.8	73.9	212	3.1
T_A	Y	9 Tubes	225.8 ± 49.1	487.8	189	2.6
E_CW	Y	9 Tubes	263.8 ± 64.2	569.8	228	2.5
T_A	no need	12 panels	411.5 ± 103.2	888.9	432	2.1
T_N	Y	9 Tubes	186.7 ± 39.3	403.2	196	2.1
E_WW	Y	9 Tubes	210.8 ±51.0	455.3	229	2.0
T_N	no need	12 panels	378.4 ± 95.4	809.6	428	1.9
T_M	Y	9 Tubes	168.0 ± 39.1	326.9	193	1.9
T_M	no need	12 panels	387.3 ± 99.4	836.5	442	1.9
T_Y	Y	9 Tubes	168.3 ± 34.7	363.5	188	1.9
S_R	no need	12 panels	291.0 ± 71.3	628.6	334	1.9
T5FL_CW	Y	9 Tubes	250.0 ± 57.5	540	283	1.9

*Measured at 10 cm distance under light except the T5FL treatment (at 20 cm distance)
**Area of culture Bed on bench layer = 1.8 m x 1.2 m = 2.16 m^2

4.3 WSN in PF

Wireless sensor network is used to evaluate the uniformity of air temperature,

humidity, and light intensity horizontally in a layer and vertically within layers of a PFAL (Cheng *et al.*, 2011; Juo*et al.*, 2012).Each wireless sensor module is equipped with temperature, relative humidity and light sensors, hanging on top of crops in each layer of cultural benches for the verification of the uniformity of distributions of light and air. As shown in Fig. 6, the temperature distribution is clearly related to the distribution of the fresh weight harvested. Means to increase the uniformity of temperature took place to reduce the variation on final fresh weight. A smart fan system was developed for such purpose (Lee *et al.*, 2013).

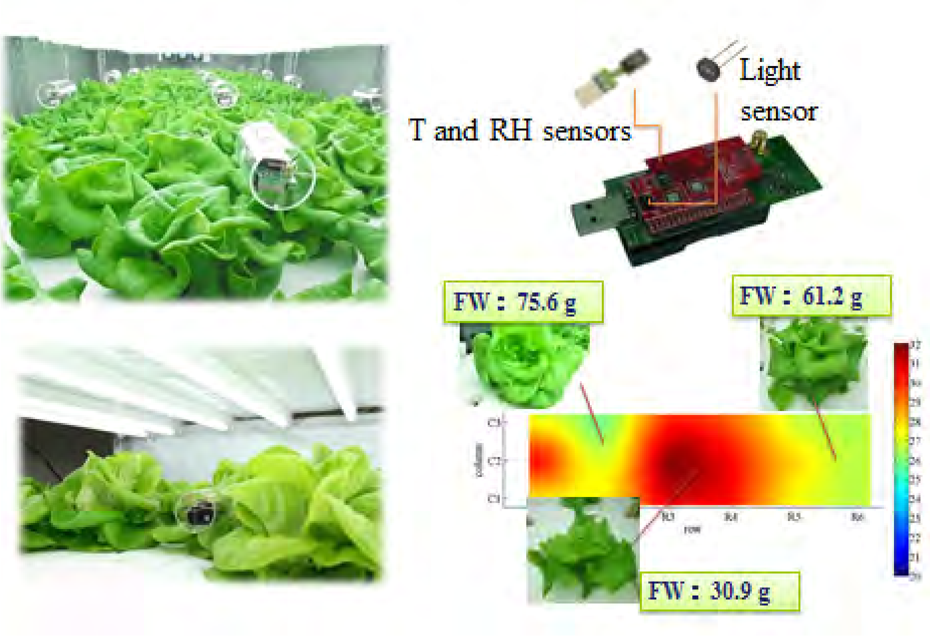


Fig.6. Wireless sensing nodes in PFAL

4.4 Ion-selective sensors for nutrient detection

Traditional ion-selective sensors were quite expensive and were short in usable lifespan. New ion-selective sensors for the detection of macro-elements in nutrient solution were developed. As shown in Fig. 7 are the sensing responses of screen-printed ion-selective electrodes (ISEs) for Ca^{2+}, K^{+}, Mg^{2+}, NH^{4+}, and NO^{3-}.

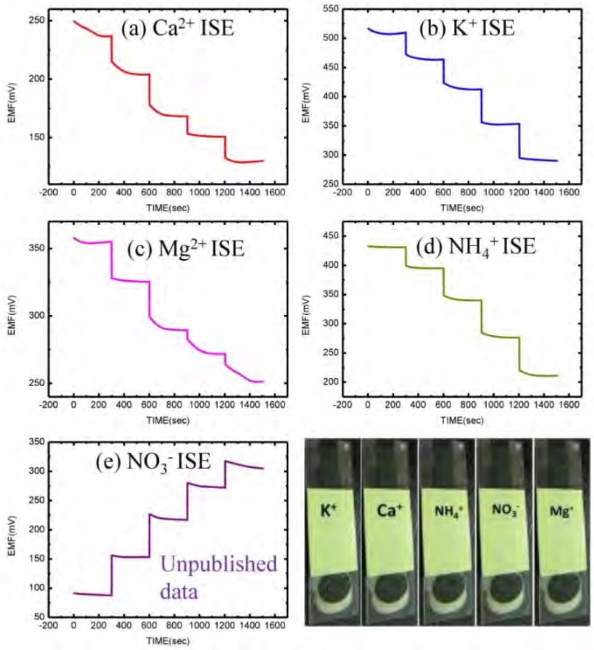


Fig. 7 Sensing responses of screen-printed ion-selective electrodes (ISEs) for Ca^{2+}, K^{+}, Mg^{2+}, NH_4^{+}, and NO_3^{-}.

4.5 Non-destructive plant growth measurement system

A measurement system with cameras attached to a sliding rail on each layer of cultural bench accompanyingwith weighing devices for each plant was developed for continuous and automatic plant growth measurement. The system is capable of taking images at preset time interval and stitches all imagesacross the cultural bed to form a panoramic image of the cultural bed using a computer with image processing capability.In the recordingprocess, the cameras moveacrossthewhole cultural bed in order to acquire images. Temperature and humidity sensors are also integrated with the imaging system to acquire spatial-temporal environmental information during the plant growth period. The image processing algorithms, that calculated geometric featuressuch as the projected leaf area, plant height, volume and diameters were developed andincorporated into the automated measurement system (Yeh *et al.*, 2014). The accompanying automatic weighing system using load cells was also developed to record the fresh weight of individual plants throughout entire growth period. The weighing system can also be applied to measure plant growth as an independent system. Fig. 8 shows the schematic diagram of the plant growth measurement system. For the weighing system, the load cell signals are calibrated, acquired and displayed in real time. The data are analysed in correspondence with the plant geometric

features obtained from the imaging system allowing derivation of plant growth model under various controlled environmental conditions. This plant growth measurementsystem provides a non-destructive and real-time processingapproach over the traditional measuring methods. Furthermore,the automation feature of the system enables the systemto gather a large number of plant measurements easily. Hence, the system is an efficient and practicable tool to enhance the growingenvironment parameters tuning and optimization in a plantfactory environment.

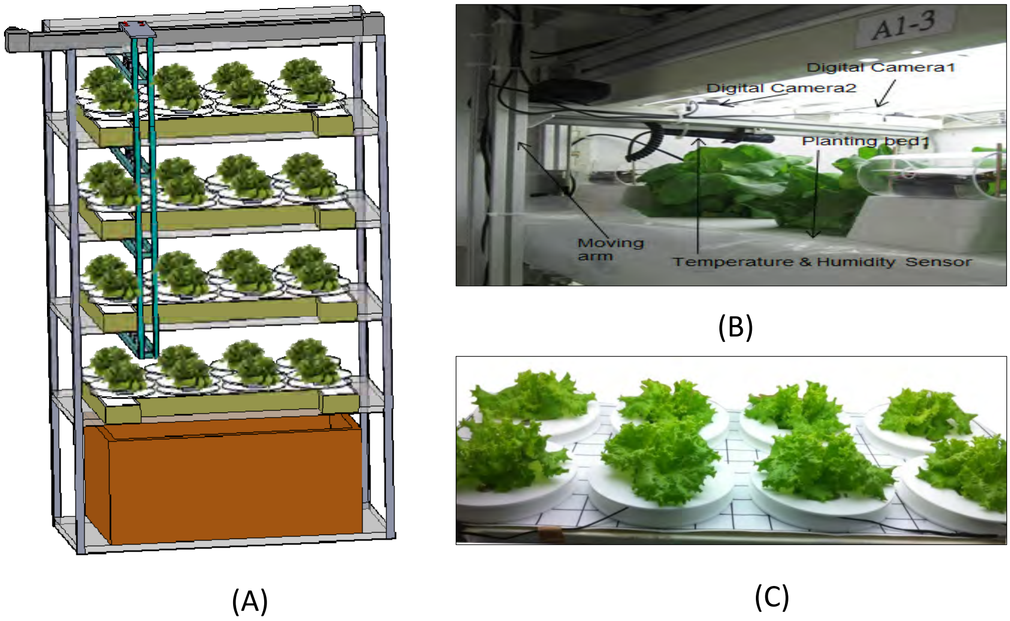


Fig. 8.The non-destructive plant growth measurement system. (A) Schematic diagram of the system, (B) the imaging system integrated with temperature and humidity sensors, (C) the plant weight measurement devices.

4.6 Business models of PFALin TAIWAN

PFALcan be an eye-catching point for it is new to general public and features/merits of PF attract environmental concerned and health concerned consumers. However, without proper business model, it is still highly possible a cash-trap if not considered thoughtfully. There are various types of business models being tested in the market of Taiwan.

The product can be the plant itself such as in the forms of a whole plant, loose leaf or babyleaf. The way to present the product is very important, such as the way of packaging, a sealed soft plastic bag, a soft plastic bag with tiny holes or a sealed hard plastic box. Different packaging method related to different story you expressed to the customers. It is a product no need to wash before eat or just similar to products grown in greenhouse? It

is a locally made not imported is also important issue to emphasize. Some also provide with salad dressing, the tastefulness of the dressing is also of great importance. One common thing is that the packaging bags and boxesare normally well designed to make it much more pleasant in the appearance compare with traditional agricultural products.

The sale channels can be membership based, through the web site, within the company or to the local community. It is important that one should limit their amount of sale through 3rd party. It is quite clear that sell the products through supermarket chain store (owned by others) can only be a temperate conduct, the shelf-charge is normally too high. That is to say, for PF product, B2C is much favorable than B2B.

If the company can't sell all their products, other product-linewasconsidered. One company in Taiwan developed more than 10 kinds of processed products such as ice-cream, egg roll, bread, noodles, face mask, skincare soap, etc. It can also be served as nutritional additive in various forms such as juice, powder and tablets. Different kinds of vege-additives have different prices in same product. For example, noodles with butter-lettuce and with ice-plant cost differently.

A construction company combined the PFAL concept in their community construction plan. Each family will have a home appliance style device to grow vegetables at home and the community will have aservice division providingseeds, seedlings, and stock nutrient solutions, etc. to community residents. A green life style was proposed.

A shop has PFAL in the back or in one side and have restaurant or stands selling organic products in front are popular business models in Taiwan. Such shops are normally chain-stores and located in various corners within cities

Several companies focus on the development and sale of the home appliance style plant production units and indoor green walls for home use. One company produces aquaponics units for hobby growers and home owners.

Some companies capable of constructing PFAL for others, most of them have a demo-site for potential customers to take a look for further consideration. Some successful company will have a demo-site with a more convincing scale normally at daily production of no less than 100 plants and need to be operated smoothly for more than several months. With an established sale channel is most welcomed. Unfortunately, few companies reach these requirements that made them less convincing.

Many PFAL related hardware providers such as LED providers, clean room constructors, AC system providers, hydroponics system providers, power supply providers and thermally insulated material providers, these companies started to build PFAL demo room and started to learn how to grow plants. To become a PFALturn-key provider is their common goal.

In short, there are several distinct business models under practice in Taiwan.

1. PFAL produces leafy greens for their own usage. For example, restaurant owners and corporation with more than 1000 employee.
2. PFAL produces leafy greens for web customers and members. Some company are quite flexible, they even exchanged membership with other health related organization such as Yoga club.
3. PFAL produces leafy greens and processed products with vege-additives.
4. PFAL produces leafy greens is an eye catching point but with other profit making means such as construction, chain-store selling organic dry foods.
5. Home appliance style PFAL module providers with demo room.
6. Home appliance style PFAL module providers with alliance in construction industry.
7. PFAL related hardware providers built PFAL demo rooms to sell their products and plan to become turn-key provider.
8. PFAL turn-key builders and consultants with or without PFAL demo room.

As mentioned above, thePFALs in Taiwan although small in scale, but are flexible and dare to try various business models. At present, some looks promising, some has been failed. Even the same business model, still some win some lose as same as other emerging industry.

5. CONCLUSIONS

The PFAL is booming in Taiwan. Number of booths attending the PF expo increased 3 times in 3 years. Without financial and policy support from the government, the private companies get involved with high motivation. The PF related NPO organizations were established, enabling the horizontal and vertical connection and integration of companies.

At present, there was no private agricultural organization involved in PFAL in Taiwan. Several farmers' associations were considered to convert their unused warehouse to PFAL, but finally drop the idea. High initial cost was the first concern, difficult to find quality workers and manager to run the PF is another concern. It is quite true that at least at present, number of qualified managers and quality workers are not enough in the PFAL industry of Taiwan. Besides academic training in undergraduate and graduate schools of Taiwan, our team also offer 30 hours workshops twice per year and up to now, more than 400 people were trained, but less than 10% of them really get involved in the business afterward. To train qualified managers and quality workers for PF industry is an issue need to be taken care to enabling the worldwide business opportunities.

Many companies got involved with a keen eye looking at the business opportunities of the turn-key projects. However, some failed to proof that their system can grow quality plants efficiently. It was also sad to found that some companies consideredPFAL an opportunity to make quick money which lead to law suits and public confusion. Up to now, all the so-called international turn-key projects, around 10 PFALs built by Taiwan PF companies, are all in China.

Some consumers questioned about using artificial lights and hydroponics. Not nature, all chemicals were frequent challenged complains three to four years ago. Public awareness, food safety problems, environmental problems and frequent media exposures of PFALhelp consumers to learn about the technologies, appreciate the technologies and willing to pay extra money to buy products from PFAL.Nevertheless, to bring down the cost, increase the value, increase the suitable varietiesto be grown in PFALare tasks to be done. PFAL will be co-exists with organic agriculture and traditional agriculture.With no doubt, PFAL can also play key role in urban agriculture, in smart / intelligent city.

6. REFERENCES

1. Chang, Y. W., T. S. Lin, J. C. Wang, J. J. Chou,K. C. Liao, and J. A. Jiang. 2011.The effect of temperature distribution on the vertical cultivation in plantfactories with a WSN-based environmental monitoring system.2011 International Conference on Agricultural and Natural Resources Engineering (ANRE-2011) paper ID: 146.
2. Fang, W.2011a. Plant factory with solar light. Harvest farm magazine, Taiwan (in traditional Chinese).
3. Fang, W. 2011b. Some remarks regarding plant factory. Agriculture extension booklet number 67. College of Bioresource and agriculture. National Taiwan University (in traditional Chinese).
4. Fang, W. 2011c. Totally controlled plant factory. Harvest farm magazine, Taiwan (in traditional Chinese).
5. Fang, W.2012. Plant factory with artificial light. Harvest farm magazine, Taiwan (in traditional Chinese).
6. Fang, W.2014. Industrialization of plant factory in Taiwan. Proceedings of Invited lecture in. Greenhouse Horticulture & Plant Factory Exhibition / Conference (GPEC), Japan Protected Horticulture Association, 131-181 (in Japanese).
7. Fang, W. and G.S. Chen 2014. Plant factory – a new thought for the future. Grand Times Publisher, Taiwan (in traditional Chinese).

8. Glaeser, E. L. 2011. Triumph of the city: How our greatest invention makes us richer, smarter, greener, healthier, and happier. Penguin Press, USA.
9. Juo, K. T., T. S. Lin, Y. W. Chang, J. C. Wang, J. J. Chou, K. C. Liao, J. C. Shieh, and J. A. Jiang. 2012. The effect of temperature variation in the plant factory using a vertical cultivation System. Proceeding ofthe 6th international symposium on machinery and mechatronics for agriculture and biosystems engineering (ISMAB2012). p. 963-968.
10. Kozai, T.2009. Plant factory with solar light. Ohmsha Ltd., Japan (in Japanese).
11. Kozai, T.2012. Plant factory with artificial light. Ohmsha Ltd., Japan(in Japanese).
12. Kozai, T.2014. Topic and future perspectives of plant factory. Proceedings of Invited lecture in. Greenhouse Horticulture & Plant Factory Exhibition / Conference (GPEC), Japan Protected Horticulture Association, p. 63-96 (in Japanese).
13. Lee, C. Y., Y. K. Huang, T. S. Lin, J. C. Shieh, J. J. Chou, C. Y. Lee, and J. A. Jiang. 2013. A smart fan system for temperature control in plant factory. EFITA/WCCA/CIGR 2013,paper ID: C0154.
14. Takatsuzji, M. 2007. Totally controlled plant factory. Ohmsha Ltd., Japan (in Japanese).
15. Yeh, Y.H.F., T.C. Lai, T.Y. Liu, C.C. Liu, W.C. Chung, T.T. Lin. 2014. An automated growth measurement system for leafy vegetables. Biosystems Engineering 117: 43-50.

Effects of OLED as light source to the growth and antioxidants-concentration of broccoli sprout

Hsin-Ying Chung[*], Ming-Yih Chang[**], Chia-Chyi Wu[***]and Wei Fang[*]
[*] Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University.
[**] Department of Biomechatronic Engineering, National IlanUniversity.
[***] Department of Horticulture, National IlanUniversity.

1. Abstract

Organic light-emitting diode (OLED) is considered the next generation artificial light source after LED. However, no research was conducted using OLED as light source for plant growth. This study demonstrates the potential of OLED as the light source for sprout production. An experiment was conducted to grow broccoli sprout using OLED and LED as light source for comparison. The sprouts, grown for 5 days, provided with PPF at 105 μmol.m^{-2}.s^{-1}. The results show that there are no significant difference on fresh mass, vitamin C, total phenols and anthocyanin. However, there is significantly improvement on DPPH scavenging capability for those grown under OLED. OLED can be used to grow sprouts with preferred features for healthy diet.

Key words: Organic light-emitting diode, OLED, sprout, anthocyanin, DPPH

2. INTRODUCTION

At present, organic light-emitting diode (OLED) was used only on TV backlight and limited amount of 3C appliance. Due to the advancement of efficiency and manufacturing technology of OLED, it will have the opportunity to compete in the traditional lighting market. (Reineke*et al.*, 2009). White OLED has been applied in lighting (Duggal *et al.*, 2002; D'Andrade, and Brown, 2006). In addition to lighting purposes, agricultural application is also one of the options. Photosynthesis is the most important physiological effect of plant. At present, LED has started successfully applied to plant lighting. No previous research was conducted for plant growth using OLED as light source mainly due to low luminous efficiency and high cost. OLED is a surface light source, its wide continuous spectrum and wavelength characteristics are significantly different from that of LED.

Sprouts, have vitamins, minerals, enzymes and amino acids, are beneficial to health (Márton*et al.*, 2010).Studies showed that light quality can regulate the active ingredients

incrops (Cevallos-Casals and Cisneros-Zevallos, 2010; Maeda *et al*., 2006). For example, brassica crops such as cauliflower, broccoli, red cabbage are generally considered excellent antioxidant vegetables (Wu *et al*., 2007; Maeda *et al*., 2008).Broccoli sprouts have beneficial phytochemicals, can relief skin and urinary bladder from oxidative stress(Dinkova-Kostova et al, 2006;Rex et al., 2008).

This study aimed at comparing the effectsof OLED and LED on the growth and antioxidant contents of broccoli sprout.

3. MATERIALS AND METHODS

In this study, there are two different light quality treatments. White OLED at 2557K color temperature was used in this study. Ratio of Red and blue spectrum and ratio of Red and far-red spectrum are 6.5 and 5.1, respectively. More details on spectral distribution on OLED and LED used can be found in Table 1.

A RGB LED light source capable of adjusting each one of the components was used and the ratio among RGB was adjusted to mimic the ratio of OLED as shown in Table 1. The biggest difference between two spectra is that OLED has far-red as shown in the last 2 columns of Table 1.

Table 1 Percentage of photons of blue, green, red and far-red light over PPF range (400 ~ 700 nm) of OLED and LED used

Treatments	Color temperature	Blue (B) 400~499	Green (G) 500~599	Red (R) 600~699	Far-red (FR) 700~799	R/FR
OLED	2557	11	18	71	14	5.1
LEDRGB	2608	12	18	70	0	-

Fig. 1 shows the experimental setup. At bottom is the plastic box filled with hydroponically grown sprouts and at upper side is the light source consists of 5 pieces of OLED panels. Luminaire area is 52 mm × 260mm.At current density of 22.16 mA.cm^{-2}, the PPF provided by OLEDs is 105 μmol m^{-2} s^{-1}.measured at 3 cm below.

Broccoli seeds were treated with 70% alcohol for 30 seconds, then soaking with distilled water for 1.5 hours at 18℃, then put in the dark for four days for germination. After the germination, the sprouts were transferred to growth chamber with 12/12 light cycle at 105 μmol m^{-2} s^{-1} light intensity. The air temperatures at D/N is 25/18 °C. In each treatment the sprouts were grown for 7days.Each sample has 5 replicates. Fresh mass, plant height, root length and chlorophyll content were measured and totally concentrations of 5 phytochemicals were analyzed, including carotenoids, lutein, total

phenols, anthocyanins and DPPH (1,1-diphenyl-2-picryhydrozyl, $C_{18}H_{12}N_5O_6$) radical scavenging (RS) capacity.

Fig. 1 Photo of experimental setup of sprout production using OLEDs

Statistical analysis

The significance of differences was compared using the T-test at 95% confidence level.

4. RESULTS & DISCUSSION

No significant difference on fresh mass was found, but OLED treatment increase plant height and root length significantly (Table 2).This is mainly due to high R/FR ratio (value of 5 as shown in Table 2). The R/FR ratio of the Sun and the metal halide (MH) lamps used in greenhouse are both at about 1.1. Many studies have been conducted to evaluate the effects of R/FR ratio on plant height by removing the far-red potion by using filters.

Table 2 Effect of different light treatments on the plant growth, flavonoid, triterpenes and antioxidant ability of broccoli sprouts.

Treatments	Growth			
	Fresh mass (g)	Plant height (cm)	Root length (cm)	chlorophyll content (mg/g)
OLED	0.68 ± 0.03	6.9 ± 0.22	8.1± 0.74	0.38± 0.02
LEDRGB	0.62 ± 0.06	5.4 ± 0.42	6.4± 0.82	0.50± 0.02
Significant[1]	n.s.	*	*	*

[1]n.s.: no significant, *: P<0.05

Using traditional fluorescent lamp as light source, the R/FR ratio is quite low, the plant not only elongated but also looks pale (reduction of chlorophyll content). However, no difference was found on fresh mass(Shibuya *et al*., 2010).In this study using OLED as light source has similar results as described above. High percentage of far-red light will lead to elongation of plants and pale on leaves.

No significant differences were found on the concentration of total phenols, anthocyaninand lutein among OLED and LED treatments. However, OLED reduce carotenoids content (Table 3). Anthocyanin is a secondary metabolite, mostly present in the cell vacuole. It is a water-soluble antioxidant. With the accumulation of anthocyanin, petals, leaves, seeds of plants, will rendered as blue orpurple (Takeoka *et al*., 1997). Red leaf lettuce irradiated with UV makes a lot of anthocyanin accumulation and the leaf color turns red. OLED treatments can increase anthocyanin content on red cabbage sprout (unpublished).

Table 3 Effect of different light treatments on the flavonoid, triterpenes and antioxidant ability of broccoli sprouts.

Treatments	Flavonoid		Triterpenes		antioxidant ability
	total phenols (mg/g)	anthocyanin (mg/g)	carotenoids (mg/g)	lutein (mg/g)	DPPH (%)
OLED	50.15 ± 9.5	0.58 ± 0.22	2.69 ± 0.20	2.51 ± 0.21	86 ± 2.0
LEDRGB	53.41 ± 5.71	0.76 ± 0.16	3.34 ± 0.19	3.06 ± 0.21	80 ± 3.0
Significant[1]	n.s.	n.s	*	*	*

[1]n.s.: no significant, *: $P<0.05$

DPPH, a stable radical, with absorption peak at 510 nm, can be used to quantitatively determine the radical scavenging (RS) capacity of antioxidants. This study showed that the broccoli sprouts produced using OLED as light source can have significantly high DPPH RS capability. Similar result was found on other crop in previous study (unpublished). The mechanism behinds this is still unclear

5. CONCLUSIONS

This study demonstrates that OLED can be used to grow broccoli sprout. Compare with LED, OLED treatment increase DPPH radical scavenging capacity are prefer features for healthy diet.

6. Literature cited

1. Cevallos-Casals, B.A., andL. Cisneros-Zevallos. 2010. Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species. Food Chemistry 119:1485-1490.
2. D'Andrade, B.W. andJ.J.Brown.2006. Organic light-emitting device luminaire for illumination applications. Applied physics letters 88:192908.
3. Dinkova-Kostova, A.T., S.N. Jenkins, J.W. Fahey, L.S.Ye, L.K.Wehage, T. K. Liby, K. K. Stephenson, L. Wade, and P. Talalay. 2006. Protection against UV-light-induced skin carcinogenesis in SKH-1 high-risk mice by sulforaphane-containing broccoli sprout extracts. Cancer Letters (240):243-252.
4. Duggal, A.R.,J.Shiang,C.M.Heller, andD.F. Foust.2002. Organic light-emitting devices for illumination quality white light. Applied physics letters 80:3470-3472.
5. Evans, W.B., andM.McMahon.2002. Use of far-red light filtering film during transplant production reduces tomato seedling height and may influence subsequent fruit yield. Acta Horticulturae 631:125-128.
6. Kim, H.H., G. D. Goins, R. M. Wheeler, and J.C. Sager.2004. Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red-and blue-light-emitting diodes. Hort Science 39:1617-1622
7. Maeda, T.,K.Maekawa, M. Toda, C. Ohshima, H. Kakuta, T. Suzuki, and K. Oosawa. 2008. Effects of the combination of different wavelengths of additional light supplement on growth and polyphenol contents of broccoli sprouts grown in indoor production system. Shokubutsu Kankyo Kogaku 20:83-89.
8. Maeda, T., H. Kakuta, C. Oshima, K. Maekawa, T. Suzuki, and K. Oosawa. 2006. Additional light supply enhanced polyphenol content and antioxidative capacity of broccoli and red cabbage sprouts grown in an indoor production system. Journal of Society of High Technology in Agriculture 18:35-41.
9. Márton, M., Z. Mándoki, Z. Csapó-Kiss, and J. Csapó. 2010. The role of sprouts in human nutrition. A review. Acta Univ. Sapientiae 3: 81-117.
10. Rajapakse, N.C. and S. Li.2002. Exclusion of far red light by photoselective greenhouse films reduces height of vegetable seedlings. Acta Horticulturae 631:193-199.
11. Reineke, S., F. Lindner, G. Schwartz, N. Seidler, K. Walzer, B. Lüssem, andK.Leo.2009. White organic light-emitting diodes with fluorescent tube efficiency. Nature 459:234-238.
12. Rex M., M. F. Paulette, M. M. Christine, D. P. Joseph, T. Li, S. M. John, L. Carolyn, W. Paula, W. F. Jed, D. Warren, and Z. Yuesheng. 2008. Inhibition of Urinary

Bladder Carcinogenesis by Broccoli Sprouts. Cancer research:1593-1600.

13. Sankhari, J.M.,M.C. Thounaojam, R.N.Jadeja, R.V. Devkar, and A.V. Ramachandran.2012. Anthocyanin-rich red cabbage (*Brassica oleracea* L.) extract attenuates cardiac and hepatic oxidative stress in rats fed an atherogenic diet. Journal of the Science of Food and Agriculture 92:1688-1693.
14. Shibuya, T., R. Endo, Y. Kitamura, Y. Kitaya, andN.Hayashi.2010. Potential photosynthetic advantages of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings grown under fluorescent lamps with high red: far-red light HortScience 45:553-558.
15. Takaichi, M.,H. Shimaji, and T. Higashide.1998. Effect of red/far-red photon flux ratio of solar radiation on growth of fruit vegetable seedlings. Acta Horticulturae 514:147-156.
16. Takeoka, G.R.,L.T. Dao, G.H. Full, R.Y. Wong, L.A. Harden, R.H. Edward, and J.D.J. Berrios. 1997. Characterization of black bean(*Phaseolus vulgaris* L.) anthocyanins. J. Agric. Food Chem. 45:3395-3400.
17. Wu, M.C.,C.Y. Hou, C.M. Jiang, Y.T. Wang,C.Y. Wang, H.H. Chen, and H.M. Chang.2007. A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedlings. Food Chemistry 101:1753-1758.

Study on cultivated low-potassium lettuce (*Lactuca sativa* L.) in plant factory

Hsin-Ying Chang, Wei Fang
Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University.

1. Abstract

Patients with end stage renal disease (ESRD) often experience hyperkalemia, a condition that requires limiting their dietary intake of potassium. Fresh vegetables are the largest source of potassium intake for Taiwanese people, it is vital to provide vegetables with low potassium concentration for ESRD patents. Prior study was conducted in Japan for low-potassium vegetable production, however, some products are low in potassium but high in sodium. The objective of this study was to develop an operating procedure enable to grow low potassium, low sodium and low nitrate lettuces without scarifying too much of the fresh weight. The frill ice lettuces were grown in a plant factory with artificial lighting (PFAL) using hydroponic system with deep flow technique (DFT). The lettuces were grown at environment with average light intensity of 200 μmol $m^{-2}s^{-1}$, light period of 16 hours, day/night temperatures of 25/20°C and carbon dioxide concentration of 1,200 ppm. The Yamasaki solution was used, termed 100% potassium as the control group and the growing period from sowing to harvest was 42 days. For the treatment group, potassium ions were removed during the treatment period (measured in weeks) varied prior to harvest. Two procedures were developed for growing frill ice lettuce. The 1st can reduced potassium content by approximately 90%, however, the fresh weight also reduced by 48%. The 2nd can reduced potassium content by 57.7 % and reduced fresh weight by only 4.7%. This study shows the potential of producing low potassium (< 90), low sodium (< 25) and low nitrate (< 2500) frill-ice lettuce in a PFAL.

Keywords: End Stage Renal Disease, Hyperkalemia, Hydroponics, Nitrate, Sodium, Potassium.

2. INTRODUCTION

End Stage Renal Disease (ESRD) patients were often required to undergo alternative treatments such as hemodialysis, peritoneal dialysis, and kidney transplant. ESRD incidence and prevalence rates have increased with economic development. According to a 2016 report on ESRDS situation of 2014, that in regions that had relatively more rapid economic development such as those in Europe, the U.S.A., and Japan are seeing growing ESRD prevalence rates. At 3,219 per million people^{-1}, Taiwan currently has the world's highest ESRD prevalence rate, whereas Japan and the U.S.A. have an ESRD

prevalence rate of 2,505 and 2,076 per million people, respectively. At 455 per million people^{-1}, Taiwan currently has the world's highest ESRD incidence rate, whereas Japan and the U.S.A. have an ESRD incidence rate of 285 and 370 per million people, respectively. According to Taiwan's National Health Insurance Database, as of July 2014, patients with chronic renal failure or uremia and who must regularly receive dialysis treatment totaled 75,683, indicating that renal disease has become a critical disease over the years.

Nutritional care for patients with chronic kidney disease (CKD) differs between those who are at different disease stages. In addition, attention must be paid to their dietary intake of minerals, in which potassium ions serve as a crucial indicator. For patients with stage 1 to stage 4 renal failure, their permissible potassium intake is determined by their blood potassium test results. For patients with stage 5 renal failure who are also receiving hemodialysis, they may consume 2000 ~ 3000 mg of potassium per day, whereas those who are also receiving peritoneal dialysis may consume 3000 ~ 4000 mg of potassium per day (Beto & Bansal, 2004 (Beto and Bansal, 2004); Tritt, 2004). Patients who consume an excessively high potassium ion content will likely experience hyperkalemia, which leads to cardiac arrhythmia. Therefore, patients with kidney disease must reduce their intake of vegetables and fruits containing high potassium. Taiwan's Food and Drug Administration defines high potassium vegetables as those that contain more than 300 mg of potassium per 100 g of the vegetables. By blanching and stir frying, potassium content of the vegetables will be reduced, however, many vegetables such as lettuce are raw food.

Plant factory with artificial lighting (PFAL) enables precise control of the environment, eliminate dependence on the natural environment, and allow planned crop productions. In addition, PFAL can produce healthy, safe, and high-quality crops; the secondary metabolites of these crops may also be regulated (Lee et al., 2014). Furthermore, PFAL enable developing edible vegetables for patients as well as adjusting nutrient content according to patients' needs. Because fresh vegetables are the largest source of potassium intake (approximately 30%; Wu et al., 2011) for Taiwanese people, by lowering the potassium content of the vegetables, patients who are required to watch their potassium intake will be provided with more dietary options.CKD patients with high incidence of hypertension. In 2003, 86% of US dialysis patients had hypertension (Agarwal, et al., 2003). Hypertensive patients for sodium intake is limited. Previous studies have shown that low-potassium lettuce can significantly increase the sodium ions and nitrate content decreased (Yoshida, et al., 2014). According to EU regulations, the nitrate content in lettuce raw food must be less than 2500 ppm, in order to avoid risks to human health. In this study, frill ice lettuces were the target crop and their potassium ion content was reduced and maintaining the low sodium and low nitrate content to produce an edible raw vegetable that can be consumed by patients with kidney disease.

3. MATERIALS AND METHODS

Experiment materials

Experiment 1

Frill ice lettuces (*Lactuca sativa* L.), the target crop, were grown in a controlled environment of a PFAL for 6 weeks with the controlled carbon dioxide content of 1200 ± 100 ppm, the light source used was cool white, 6,500 K LED tubes and the PPFD was kept at 200 μmol m^{-2} s^{-1}.

The production was divided into 3 stages: the seedling, the growing, and the treatment stages. Table 1 shows the operating codes of the treatment groups during the last 3 weeks prior to harvest. The descriptions of operating codes and the operating codes of the first 2 stages can be found in the note of Table 1.

The cultural solution with known formula was administered during all six weeks for the control group (6K), and a nutrient solution contained 0% potassium (replacing K^+ with NH_4^+) was administered during the started from the 4th, 5th, 6th week for the group with treatment code of 5K, 4K, and 3K, respectively. Samples were collected on DAS 28, 35, and 42 to measure the fresh weight of the plants and the mineral contents of the plants and the cultural solutions.

Table 1 Operating codes during the treatment stages for low potassium lettuce production in experiment 1.

Treatment code	Treatment Stage 1 DAS 21-28	Treatment Stage 2 DAS 28-35	Treatment Stage 3 DAS 35-42
6K (CK)	N1_E1.2_L200_d26_H16_A25/20	Same as Treatment Stage 1	
5K		Same as Treatment Stage 1	N2_E1.2_L200_d26_H16_A25/18
4K		N2_E1.2_L200_d26_H16_ A25/18	
3K	N2_E1.2_L200_d26_H16_A25/20		

Note: DAS: Days After Sowing

Seedling stage (DAS: 0-7): N1_E1.2_L200_d910_H24_A25

Growing stage (DAS: 7-21): N1_E1.2_L200_d45_H16_A25/20

Operating code:

Nx: N, Nutrient solutions.

N1: Regular Nutrient solutions (100% potassium)

N2: Potassium-free Nutrient solution (0% potassium)

E_x: E, Electrical conductivity (EC) of nutrient solution,

x, Value of EC, Unit: mS·cm^{-1}.

L_x: L, LED tube (cool white, color temperature 6500 K)

x : Value of light intensity, Unit : μmol·m^{-2}·s^{-1}.

dx: d, Cropping density,

x, Value of the cropping density, Unit : plts·m^{-2}

H_x: H, Duration of light period,

x : Hours of light period per day, Unit :· hours day^{-1}

AdT/nT: A, average day/night temperature, Unit :℃

Experiment 2

Frill ice lettuces (*Lactuca sativa* L.), the target crop, were grown in a controlled environment of a PFAL for 6 weeks with the controlled carbon dioxide content of 1200 ± 100 ppm, the light source used was cool white, 6,500 K LED tubes and the PPFD was kept at 200 μmol m^{-2} s^{-1}.

The production was divided into 3 stages: the seedling, the growing, and the treatment stages. Table 2 shows the operating codes of the treatment groups during the last 2 weeks prior to harvest. The descriptions of operating codes and the operating codes of the first 2 stages can be found in the note of Table 2.

The cultural solution with known formula was administered during the first 4 weeks for all treatments and the last 2 weeks for the control group (coded 2.0 K), Other 5 treatments in the 5th and 6th week were provided partial strength of the potassium coded 1.5K (75% K, 75% K for week 5 and 6, respectively), 1.25K (75% K + 50% K), 1.00K (50% K + 50% K), 0.75K (50% K + 25% K) and 0.50K (0.25 K + 0.25 K). Samples were collected on DAS 42 to measure the fresh weight of the plants and the mineral contents of the plants and the cultural solutions.

Table 2 Operating codes during the treatment stages for low potassium lettuce production in experiment 2.

Treatments	Treatment Stage 1 (DAS 28-35)	Treatment Stage 2 (DAS 35-42)
2.0K (CK)	N1_E1.2_L200_d26_H16_A25/20	
1.5K	N3_E1.2_L200_d26_H16_A25/20	
1.25K	N3_E1.2_L200_d26_H16_A25/20	N4_E1.2_L200_d26_H16_A25/20
1.00K	N4_E1.2_L200_d26_H16_A25/20	
0.75K	N4_E1.2_L200_d26_H16_A25/20	N5_E1.2_L200_d26_H16_A25/20
0.50K	N5_E1.2_L200_d26_H16_A25/20	

Note: DAS: Days After Sowing

Seedling stage (DAS 0-7): N1_E1.2_L200_d910_H24_A25

Growing stage (DAS: 7-28): N1_E1.2_L200_d45_H16_A25/20

Operating code:

Nx: N, Nutrient solutions

N1: Regular Nutrient solution (100% potassium)

N3: 75% Potassium Nutrient solution
N4: 50% Potassium Nutrient solution
N5: 25% Potassium Nutrient solution.

E_x: E, Electrical conductivity (EC) of nutrient solution,
x, Value of EC, Unit: $mS \cdot cm^{-1}$.

L_x: L, LED tube (cool white, color temperature 6500 K)
x : Value of light intensity, Unit : $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$.

dx: d, Cropping density,
x, Value of cropping density, Unit : $plts \cdot m^{-2}$

H_x: H, Duration of light period,
x : Hours of light period per day, Unit : hours day^{-1}

A dT/nT: A, average day/night temperature, Unit :℃.

Analytical method

Fresh weight

The fresh weight of shoots and roots of lettuce was measured using an electronic balance.

The mineral content of plants

Plants to take complete leaves, take 1g, frozen at -20 ° C for 48 hours grinding extraction dilution to the appropriate concentration (He et al., 1998). The samples were analyzed for their anion and cation contents using an ion analyzer (IA-300, DKK-TOA Corporation, Japan, Cationic column:PCI-205l, Anion column:PCI-322).

Statistical analysis

The results were analyzed using Duncan's multivariate analysis using statistical software SAS 9.1. Differences were considered significant when $p < 0.05$.

4. RESULTS AND DISCUSSION

As shown in Fig.1, label 6K means lettuce was grown under 6 weeks of regular nutrient solution with full strength potassium and 4K means 2 weeks prior to harvest plants were grown in potassium-free solution. Dramatic decrease was found in the fresh weight of the upper part of the plant but not the root, as shown in Table 2. With the increase of treatment time, not only the fresh weight of the upper part, but also the potassium content and the nitrate content of the lettuce decreased (Fig. 2, Fig. 3 and last column of Table 3).

Potassium is one of the essential elements in plant growth, it influences enzyme activities, pore opening and closing, photosynthesis, protein synthesis, and crop quality (Pettigrew, 2008). Potassium exists in plant bodies in the form of ions, which make it highly mobile. When plants contain insufficient amount of potassium, old leaves turn yellow and plant growth is negatively affected. In this study, the lettuces treated using

potassium-free nutrient solution for one week showed a significant reduction in their fresh weight; this finding supports those obtained in previous studies.

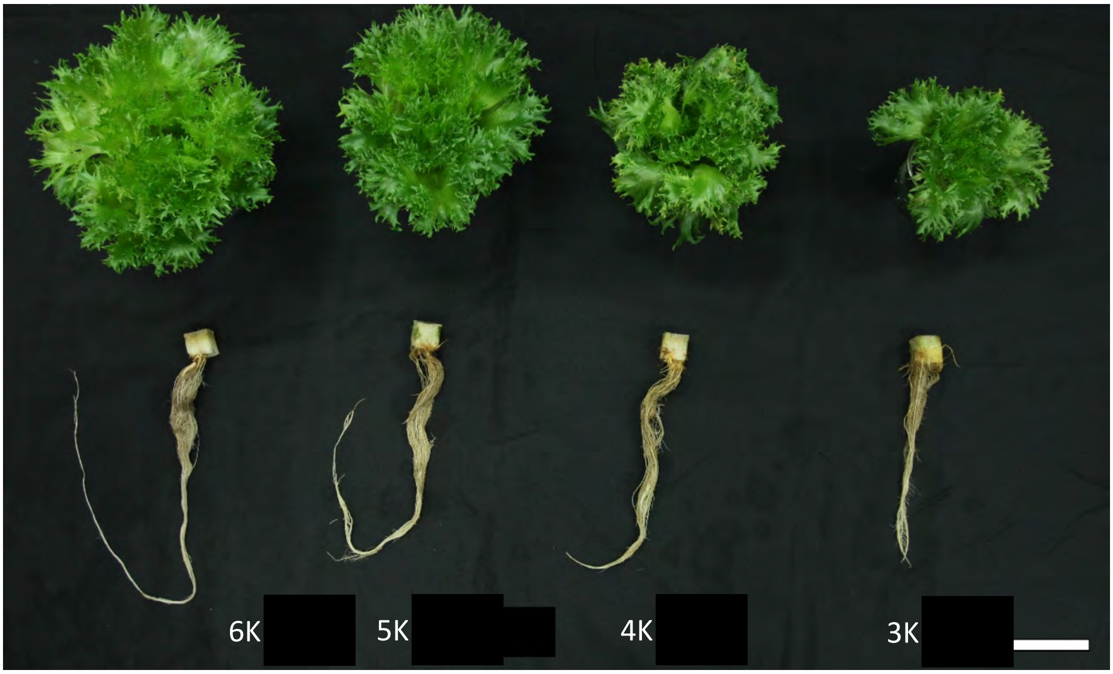


Fig. 1 Effects of three week treatments (DAS 21~42) with potassium-free solution on the growth of frill-ice lettuce harvest on DAS 42 (Label 6K means 6 weeks of regular nutrient solution with full strength on potassium (100% K), 4K means 4 weeks with 100% K and 2 weeks prior to harvest with potassium-free (0% K) solution). Bar=10cm.

Table 2 Effect of three week treatments (DAS 21~42) of potassium-free nutrient solution on the fresh weight of frill ice lettuce harvested on DAS 42

Treatments	Shoot Fresh Weight g plt^{-1}	Root Fresh Weight g plt^{-1}	Root/Shoot
6K	108.67 a	11.16 a	0.10 c
5K	87.40 b	10.76 a	0.12 c
4K	56.20 c	9.35 a	0.17 b
3K	32.30 d	9.54 a	0.30 a

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

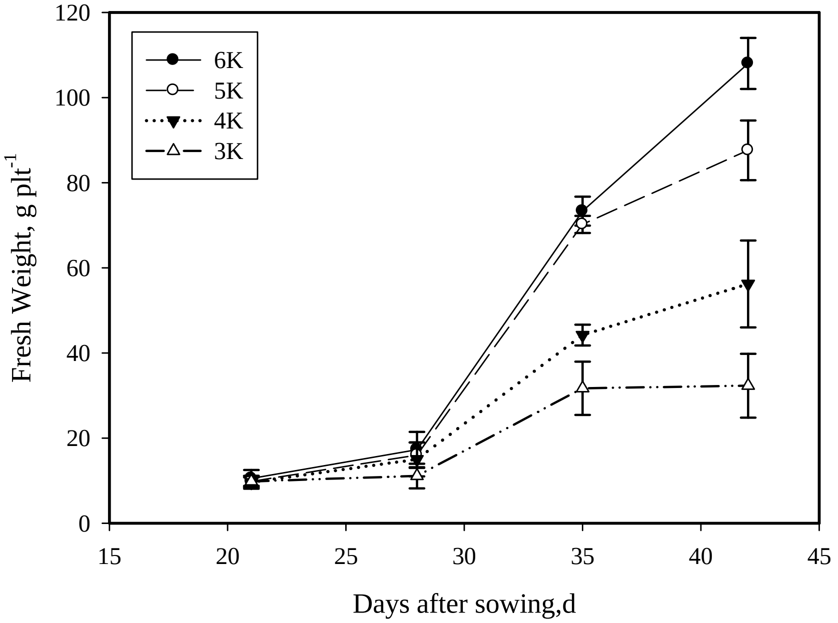


Fig. 2 Effect of three week treatments (DAS 21~42) of potassium-free nutrient solution on the fresh weight of frill-ice lettuce

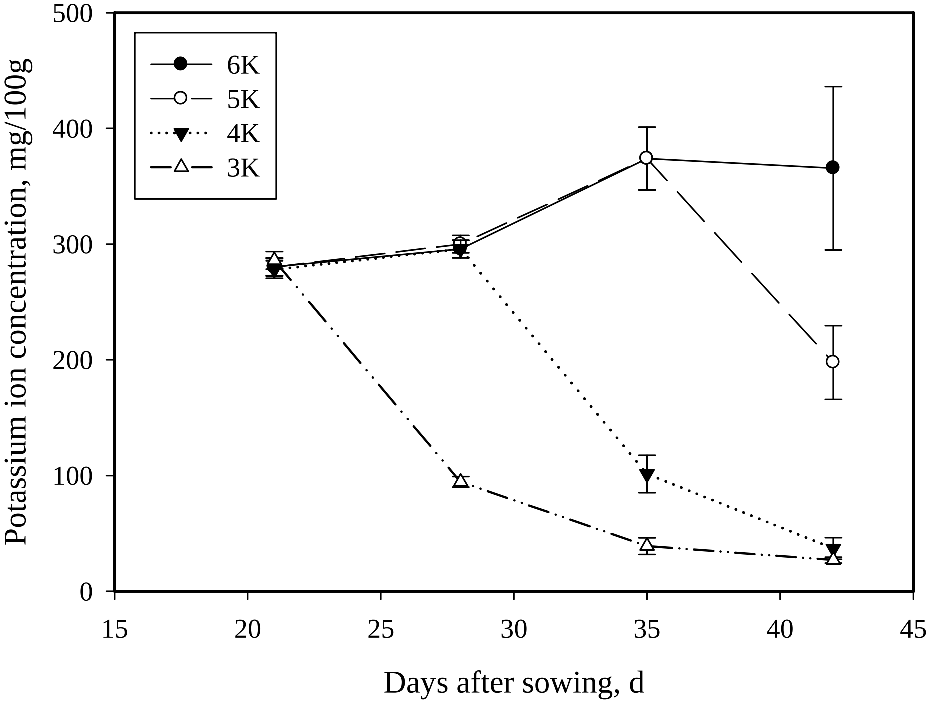


Fig. 3 Effect of three week treatments (DAS 21~42) of potassium-free nutrient solution on the potassium ion concentration of frill-ice lettuce

Regarding mineral contents of the frill-ice lettuce, Table 3 shows significant increase of the sodium and magnesium ions and significant decreased of the potassium and nitrate ions as the treatment time for the potassium-free nutrient solution increased. Potassium ion is critical cation used by guard cells to control pore opening and closing in plants. Plants deprived of potassium are likely to experience closed pores (Marschner, 1995), which results in the accumulation of reactive oxygen species (ROS) and the generation of malondialdehyde (MDA), the latter of which impedes plant growth. Low concentration of sodium ions can replace potassium ions and be introduced to guard cells to open pores (Lv et al., 2012). In an environment with a potassium–sodium ratio of 0.03/2.97 mM, beets (*Beta vulgaris* L.) showed a MDA level significantly lower than that treated with a potassium-deficient nutrient solution. In addition, studies have shown that the absorption of sodium ions increased plants' osmoregulation, whereas a reduction in free amino acid content allowed plants to maintain more favorable growth in a potassium-deficient environment (Pi et al., 2014). The present study found that lettuces grown using a potassium-deficient nutrient solution showed high sodium ion content in their stems, which may have been caused by the lettuces actively absorbing sodium ions to maintain growth. Although the lettuces contained a high sodium ion content, the sodium ion content of the 4K treatment was no more than the average sodium content of locally grown lettuces at approximately 24 mg per 100 g.

Table3 Effects of three week treatments (DAS 21~42) of potassium-free nutrient solution on the mineral contents of frill-ice lettuce

Treatments	Na (mg/100g)	K (mg/100g)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	NO_3 (ppm)
6K	2.53 c	365.52 a	80.96 b	194.80 a	6157.60 a
5K	4.31 c	197.68 b	95.84 b	86.72 c	4150.48 b
4K	22.23 b	36.96 c	109.20 b	66.32 c	609.26 c
3K	42.23 a	26.90 c	217.76 a	148.61 b	388.03 c

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

Results of experiment 2 show that various two week treatments have no significant effect on fresh weight (Fig. 4) and the contents of the sodium and calcium ions of the upper part of lettuce (Table 4). Results shown in Fig. 4 and Table 4 also indicate that the 0.75 K treatment can significantly reduce the potassium and nitrate contents of lettuce by 57% and 52% without scarifying the fresh weight.

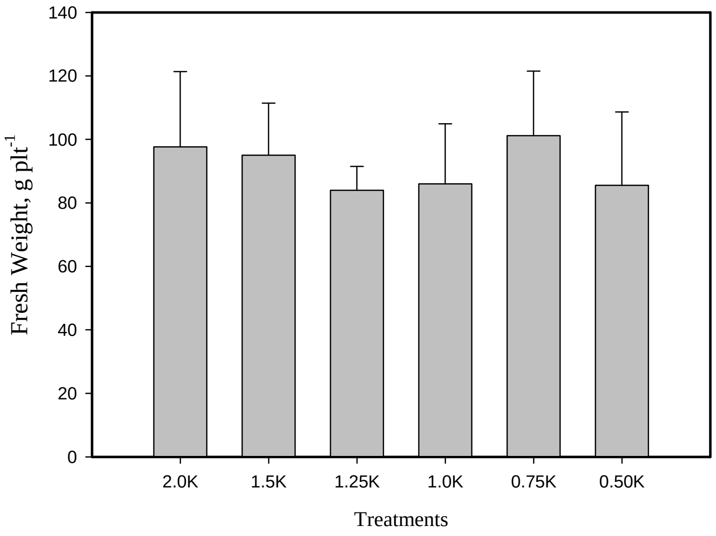


Fig. 4 Effect of two week treatments (DAS 28~42) of potassium-deficient nutrient solution on the fresh weight of frill-ice lettuce.

Table 4 Effects of two week treatments (DAS 28~42) of potassium-deficient nutrient solution on the mineral contents of frill-ice lettuce

Treatments	Na (mg/100g)	K (mg/100g)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	NO_3 (ppm)
2.00K	3.19 a	408.05 a	220.20 a	327.68 a	3085.0 a
1.50K	3.27 a	318.34 a	133.67 b	308.00 a	2546.2 b
1.25K	2.53 a	212.50 b	126.47 b	270.13 a	1480.0 c
1.00K	3.02 a	242.30 b	163.44 b	270.96 a	2446.4 b
0.75K	2.44 a	172.53 c	155.76 b	216.72 a	1493.6 c
0.50 K	3.22 a	188.53 c	180.73 b	304.08 a	2278.5 b

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

Patients with CKD often experience hyperkalemia, nutrition-based treatments are a crucial clinical method used to treat such patients (Saxena, 2012). The average daily dietary potassium intake of Taiwanese elderly male adults (i.e., more than 65 years of age) was reported to be 2,798 mg, approximately 30% of which come from vegetables (Wu et al., 2011). For patients with CKD, their recommended daily potassium intake is 1,500 ~

2,500 mg/d (Cano et al., 2009). Therefore, patients may consume 200 g of low potassium lettuce (with a potassium content of 80 mg/100 g) without exceeding the recommended daily intake.

After cooked, potassium ion content of the vegetables will be reduced by 22 to 90% (Martinez-Pineda et al., 2016) or 30 to 50% (Burrowes et al., 2008) depends on cooking temperature and duration. Cook to reduce potassium content of the vegetables is good to Kidney patients, however, vegetables, after cooked will lose considerable amount of beneficial phytochemicals as well. For example, lettuces that have been cooked for 10 min will lose 40% of ascorbic acid and carotenoid and 30% of total phenol; the antioxidants also decrease significantly (Vinha et al., 2015).

Two experiments were conducted, the growing for each experiment were lasts for 6 weeks. The first focusing on using potassium-free nutrient solution for 3 weeks prior to harvest and the second focusing on using potassium-deficient nutrient solution for 2 weeks prior to harvest. Two standard operating procedures (SOP) for producing frill-ice lettuce with low potassium, sodium and nitrate contents were developed.

The 4K treatment from experiment 1 was chosen as the first SOP, which use nutrient solution with full strength potassium (100% K) for 4 weeks after sowing followed by 0% K for two weeks prior to harvest and leads to products with 56.2 g per plant in fresh weight and 36.96 mg of potassium per 100 g of lettuce. This SOP leads to the reduction of potassium content by approximately 90%, which is extremely low, however, the fresh weight also reduced by 48% compare with the lettuce grown under potassium-rich nutrient solution for 6 weeks. The lettuce produced following the first SOP can be served as the raw food by patients with kidney disease, preserving beneficial phytochemicals, and providing patients with a new low potassium dietary option.

The 0.75K treatment from experiment 2 was chosen as the second SOP, which use nutrient solution with full strength potassium (100% K) for 4 weeks after sowing followed by 50% K and 25% K during the 2nd week and the 1st week prior to harvest and leads to products with 100 g per plant in fresh weight and 172 mg of potassium per 100 g of lettuce. This SOP leads to the reduction of potassium content by 57.7 % and reduced fresh weight by only 4.7% compare with the lettuce grown under potassium-rich nutrient solution for 6 weeks. Assuming the potassium content can be reduced by half after cook, this SOP can be considered achieving the requirement of the low-potassium diet and most of all without scarify yield.

5. CONCLUSIONS

This study shows the potential of producing frill-ice lettuce with low potassium, sodium and nitrate contents in a PFAL using potassium-rich nutrient solution for the first

4 weeks and potassium-free (SOP 1) or potassium-deficient (SOP 2) nutrient solution two weeks prior to harvest. Both SOPs suggested can be used for the production of frill-ice lettuce served as the raw food and cooked vegetables for patients on a low potassium diet.

6. Literature cited

1. Agarwal, R., A. R.Nissenson, D. Batlle,D. W.Coyne,J. R.Trout,and D. G.Warnock. 2003. Prevalence, treatment, and control of hypertension in chronic hemodialysis patients in the United States. The American Journal of Medicine 115, 291-297.
2. Beto, J. A., and V. K.Bansal. 2004. Medical nutrition therapy in chronic kidney failure: Integrating clinical practice guidelines. Journal of the American Dietetic Association 104, 404-409.
3. Burrowes, J. D., andN. J.Ramer. 2008. Changes in Potassium Content of Different Potato Varieties After Cooking. J. Renal Nutr. 18, 530-534.
4. Cano, N. J. M., M. Aparicio,G.Brunori,J. J.Carrero,B. Cianciaruso, E.Fiaccadori,B.Lindholm,V.Teplan,D.Fouque,and G. Guarnieri. 2009. ESPEN Guidelines on Parenteral Nutrition: Adult Renal Failure. Clinical Nutrition 28, 401-414.
5. He, Y., S. Terabayashi,and T.Namiki. 1998. The Effects of Leaf Position and Time of Sampling on Nutrient Concentration in the Petiole Sap from Tomato Plants Cultured Hydroponically. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 67, 331-336.
6. Lee, J. S., andY. H.Kim. 2014. Growth and Anthocyanins of Lettuce Grown under Red or Blue Light-emitting Diodes with Distinct Peak Wavelength. Korean J. Hortic. Sci. Technol. 32, 330-339.
7. Lv, S., L.Nie,P. Fan,X.Wang,D.Jiang,X.Chen,and Y. Li. 2012. Sodium plays a more important role than potassium and chloride in growth of Salicornia europaea. Acta Physiologiae Plantarum 34, 503-513.
8. Marschner, H. 1995. 2 - Ion Uptake Mechanisms of Individual Cells and Roots: Short-Distance Transport, p. 6-78, Mineral Nutrition of Higher Plants (Second Edition). Academic Press, London.
9. Martinez-Pineda, M., C.Yague-Ruiz,A. Caverni-Munoz,and A.Vercet-Tormo. 2016. Reduction of potassium content of green bean pods and chard by culinary processing. Tools for chronic kidney disease. Nefrologia 36, 427-432.
10. Pettigrew, W. T. 2008 Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. Physiologia plantarum 133, 670-681.
11. Pi, Z., P.Stevanato,L. H.Yv,G.Geng,X. L. Guo,Y. Yang,C. X. Peng,andX.

S.Kong.2014 Effects of potassium deficiency and replacement of potassium by sodium on sugar beet plants. Russ. J. Plant Physiol. 61, 224-230.

12. Saran, R.,Y. Li,B. Robinson,K. C.Abbott,L. Y. C. Agodoa,J. Ayanian, J.Bragg-Gresham,R. Balkrishnan,J. L. T.Chen,E.Cope,P. W.Eggers,D.Gillen,D.Gipson, S. M. Hailpern,Y. N.Hall,K.He,W.Herman,M.Heung,R. A. Hirth,D.Hutton,S. J.Jacobsen,K. Kalantar-Zadeh,C. P.Kovesdy,Y. Lu,M. Z.Molnar,H.Morgenstern,B.Nallamothu,D. V.Nguyen,A. M. O'Hare,B.Plattner,R. Pisoni,F. K.Port, P. Rao,C. M.Rhee, A. Sakhuja,D. E.Schaubel, D. T.Selewski,V. Shahinian,J. J.Sim,P. Song,E. Streja,M. K. Tamura,F. Tentori,S.White,K.Woodside,and R. A.Hirth. 2016. US Renal Data System 2015 Annual Data Report Chapter 13: International Comparisons. American Journal of Kidney Diseases 67,S291-S334.
13. Saxena, A. 2012. Nutritional problems in adult patients with chronic kidney disease. Clinical Queries: Nephrology 1, 222-235.
14. Tritt, L. 2004 Nutritional assessment and support of kidney transplant recipients. Journal of infusion nursing : the official publication of the Infusion Nurses Society **27**, 45-51.
15. Vinha, A. F., R. C.Alves,S. V. P.Barreira,A. S. G. Costa,andM.Oliveira. 2015. Impact of boiling on phytochemicals and antioxidant activity of green vegetables consumed in the Mediterranean diet. Food Funct. **6**, 1157-1163.
16. Wu, S. J., W. H.Pan,N. H.Yeh,andH. Y. Chang. 2011 Trends in Nutrient and Dietary Intake among Adults and the Elderly: From NAHSIT 1993-1996 to 2005-2008. Asia Pacific journal of clinical nutrition **20**, 251-265.
17. Yoshida, T.,K. Sakuma,andH. Kumagai. 2014. Nutritional and taste characteristics of low-potassium lettuce developed for patients with chronic kidney diseases. Hong Kong Journal of Nephrology **16**, 42-45.

不同栽培槽對設施瓜果類蔬菜生育之影響

戴振洋、林煜恆、陳令錫、田雲生
行政院農業委員會臺中區農業改良場

一、摘要

本試驗目的在於探討不同栽培槽對設施甜瓜介質栽培之影響。由試驗結果顯示，以袋耕或槽耕在園藝性狀、產量或果實性狀(果高、果肉厚度、總可溶性固形物及單果重)等，均以袋耕或槽耕兩者表現較好。在設施甜瓜葉片及栽培介質等元素分析，不論是介質或葉片元素與養液灌溉量增加，其元素含量並無一致性增加的趨勢。灌溉量方面以槽耕栽培灌溉量最高達 48.8 L/plant，其次分別為袋耕栽培 29.9 L/plant，籃耕栽培 23.5 L/plant 及微量袋耕 22.6 L/plant。綜合上述結果，顯示袋耕栽培在植株性狀、產量及甜瓜果實等園藝性狀表現與槽耕處理者者並無顯著性差異，但在灌溉量及肥料量以袋耕栽培較槽耕處理更節省肥料及灌溉水，建議應用袋耕方式栽培甜瓜，可達到降低成本、兼顧產量及品質之目標。

關鍵詞：甜瓜、介質、設施

二、前言

目前在臺灣地區，設施栽培農民採用進口之泥炭栽培蔬菜，配合養液灌溉系統，利用滴灌自動化管理方法為將化學肥料溶解在養液桶中，再由各養液桶依比例稀釋混合灌溉管路內，肥料即可隨管路灌溉自動進入作物根系周圍的介質中，以補充肥分供作物生長所需，如能配合作物生長所需，以供給合理養液量，將可達成最高效率的生產量[2,3,4,16]。台灣設施蔬菜生產中，利用籃耕栽培或介質耕栽培等生產方式已在中部地區日益普遍，但每年須自國外進口大量的泥炭介質在蔬菜栽培之使用，不僅成本較高，而且耗費外匯[3,4,12,15]。如果依現行「介質袋耕」栽培估算，每公頃使用介質量如以70公升約為4,000包，每包介質市價約為250-300元之間，則購買介質成本在一佰萬元左右[4]，估生產成本極高，所以無法每年更換新介質，故農民仍重複使用，在連作且高複種之下，如操作不慎易衍生如養液調配等栽培管理上的問題。養液介質耕即是利用調配養分技術實現調控根層養分濃度[1,2,12]及控制養分吸收[8,10,17]的策略，藉由調控根際過程可以改善根系生長，增強養分的吸收，達到對植物生長發育之影響[5,10,11,16,21]。臺灣‘嘉玉’甜瓜生育中期葉片氮含量2.5~3.2%(平均值2.84%)，磷含量0.43~0.58%(平均值0.51%)，鉀含量4.4~5.1%(平均值4.75%)，可作為東方甜瓜葉片氮、磷、鉀適宜含量範圍（sufficiency range）之應用參考[14]。如於適當的栽培管理下，以椰纖容量1.5-2.0 L/bag/plant與15 L/bag/2 plant所生產的設施番茄產量與品質間皆無顯著差異[15]。依現行「介質袋耕」栽培估算，每公頃每天使用養液用量約為40-80公

頓,所調配肥料過高時,在設施內高複種且連作之下,亦產生許多栽培管理上的問題,因此如何降低介質使用量,進而減少養液(包括肥料及水)使用量,以降低對農業環境影響為前題之下,實為解決當前設施蔬菜介質耕肥料使用過量之重要議題。

三、材料與方法

3.1 試驗材料與地點

1.供試品種:甜瓜供試品種為農友種苗'嘉玉'品種。

2.試驗地區:臺中區農業改良場蔬菜溫室。

3.2 試驗方法

本試驗於臺中場蔬菜溫室進行,試驗處理分別為(1)目前栽培方式為對照組,槽耕栽培(槽高30公分×槽寬40公分);(2)袋耕栽培(容量100公升),每袋種植6株;(3)籃耕栽培(容量40-60公升),每籃種植4株;(4)微量袋耕(容量1.5公升),每袋種植1株。田區排列採逢機完全區集設計,共計4處理,4重複。於2016年4月22日進行甜瓜育苗,將甜瓜播種於72格穴盤,依照一般慣行育苗管理方式,於5月13日將幼苗植株分別依處理定植於不同容量栽植袋中,栽植袋內介質購自市售商業之泥炭(介質之pH值5.59、EC值0.53 dS/m、有機質含量79.9%、磷含量0.07%、鉀含量0.17%、鈣含量1.62%及鎂含量0.35%),養液灌溉水量依各處理栽培槽型式特性供給,介質保持濕潤及底部不過量滴水為原則,甜瓜整枝方式採用雙蔓整枝方式,甜瓜生育期間的栽培管理依慣行方式行之,養液調配參考日本山崎配方[1]略修正。

3.3 調查項目:進行不同處理之生育期間所使用之養液量調查,以換算各處理單株肥料及水的使用量(L/株),同時進行調查不同處理之產量及果實品質調查,並分別加以記錄,以求取各處理之瓜果品質(包括果高、果徑、總可溶性固形物及單果重等) 與產量等項目。此外並於採收後將介質及植體取樣進行調查,以分析各處理介質及植體元素變化情形。各小區所得數據資料經變方分析後,若處理差異顯著,各小區所得數據資料經變方分析後,若處理差異顯著,則以L.S.D.(Fisher's Least Significant Difference)測驗法比較處理間平均值之差異性。

表一、不同栽培槽之各處理介質容量

Table 1. The treatments of volume in each bag

Treatment	Cultural type	Medium volume	
		(Liter/bag)	(Liter/plant)
A	Plastic bag	100	16.7
B	Plastic basket	60	15.0
C	Litter medium plastic bag	2	1.5
D	Cultivation tank (CK)	-	30.0

3.4 分析項目與方法

於甜瓜採收結束後，取植體樣品分析每重複 2 袋，取樣部位為頂部成熟葉片向下第四片成熟葉，經 70℃烘箱烘乾磨粉後，以濕灰法(硫酸)分解，測定氮、磷、鉀、鈣及鎂量[20]，其中以微量擴散法測定全氮量，利用鉬黃法呈色及分光光度計(於 420 nm 下)比色法測定其全磷量[19]，利用燄光分析儀測定其全鉀量[16]，利用原子吸收分析儀測定其鈣及鎂含量[18]。

四、結果與討論

4.1 不同栽培槽處理對設施甜瓜園藝性狀之影響

調查不同栽培槽對甜瓜園藝性狀之影響，由不同處理甜瓜生育末期之株高、莖粗(中段節位)、節間長、頂端下第四葉的葉長、葉寬、葉柄長及產量 (表二)，甜瓜株高以袋耕處理（A）及槽耕處理（D）較高 166.9 cm，次之為籃耕的 166.4 cm，而株高最低為微量袋耕處理（C）的 160 cm 與其他處理有顯著差異。莖粗方面，槽耕處理的莖粗 6.9 mm 較粗，其次為袋耕 5.75 mm 處理、籃耕 5.08mm 及微量袋耕的 4.97 mm，處理彼此間已達顯著差異。節間長方面各處理間無顯著差異，節間長介於 7.6-9.3 cm。葉長方面各處理間無顯著差異，葉長介於 9.8-14.8 cm。葉寬則以槽耕處理的 21.2 cm 較高，其次分別為袋耕 17.9 cm、籃耕 15.5 cm 及微量袋耕 13.1 cm，栽培處理有顯著性差異。葉柄長以槽耕 17.7 cm 較長，與其他處理(Ａ、Ｂ及Ｃ)有顯著差異，次之為微量袋耕 14.8 cm，籃耕的 14.3 cm 及袋耕最低為處理（C）的 13.6 cm。小區產量（5.25ｍ^2）以槽耕處理的 5.74 kg 較高，其次為袋耕 4.93kg 處理、籃耕 4.51 kg 及微量袋耕的 3.4 kg，處理彼此間已達顯著差異。目前在台灣設施蔬菜生產中，利用籃耕栽培或介質槽耕栽培等生產方式在中部地區日益普遍，本次試驗中也顯示甜瓜栽培以籃耕或槽耕在園藝性狀或產量表現較好。

表二、不同栽培槽處理對設施甜瓜園藝性狀之影響

Table 2. The effects of cultural container on the characteristics of melon at harvest stage

Treatment[1]	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Node length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf stalk (cm)	Yield (kg/5.25ｍ^2)
A	166.9[a]	5.75[b]	7.6[a]	10.5[a]	17.9[b]	13.6[b]	4.93[ab]
B	166.4[a]	5.08[c]	8.3[a]	9.8[a]	15.5[bc]	14.3[b]	4.51[b]
C	160.0[b]	4.97[c]	8.2[a]	10.9[a]	13.1[c]	14.8[b]	3.40[c]
D	166.9[a]	6.90[a]	9.3[a]	14.8[a]	21.2[a]	17.7[a]	5.74[a]

[1] Description in Table 1.

[2.] Means with the same letter in a column were not significantly different at 5％ level by least significance difference.

4.2 不同栽培槽處理對設施甜瓜果實性狀之影響

採收後甜瓜果實性狀調查，結果顯示(表三)，在果肉厚度(處理間 1.78-1.88 mm)及可溶性固形物含量(12.5-12.9 °Brix)等果實性狀，不同栽培槽處理間差異均無顯著性差異。在果高方面以槽耕處理(D)的 9.15 cm 最高，其次為袋耕處理（A）8.73 cm 兩者處理統計上無顯著差異，但與其他處理(籃耕處理(B) 7.53 cm 及微量袋耕處理(C) 7.48 cm)之間有顯著差異。在果徑方面以槽耕處理(D)的 10.7 cm 最高，與其他處理(袋耕 9.7 cm、籃耕 9.8 cm 及微量袋耕處理 9.6 cm)間有顯著差異。在單果重方面以槽耕處理(D)的 542 g 最高，其次為袋耕 452g 兩者處理統計上無顯著差異，但與其他處理籃耕 412 g 及微量袋耕 396 g 處理間有顯著差異。

果實是甜瓜的栽培的標的器官，果實外觀及內容物將影響販售價格及農民收益[7,13,14]。根域限制栽培是近年來研究在控制植物地上部的生長及發育，以提高果實品質的新技術[3,5,6]。本試驗結果顯示，利用袋耕處理或槽耕栽培處理，對甜瓜果實在果高、果徑、單果重及可溶性固形物含量等果實性狀，處理彼此間差異均無顯著性差異，但微量袋耕處理則有顯著性較差，顯示在本試驗中當介質容量降低時，根域限制對甜瓜有所影響，無法單純透過灌溉管路系統提供養液來彌補對其生育之影響。

表三、不同栽培槽處理對設施甜瓜果實大小與果重的影響

Table 3. The effects of cultural container on the fruit characteristics of melon

Treatment[1]	Fruit height（cm）	Fruit diameter（cm）	Fruit thick（mm）	Fruit weight（g / fruit）	Total soluble solid（°Brix）
A	8.73 a	9.7b	1.88a	452 a	12.5a
B	7.53b	9.8b	1.78a	412b	12.6a
C	7.48b	9.6b	1.78a	396b	12.9a
D	9.15a	10.7a	1.85a	542a	12.8a

[1] Description in Table 1.

[2] Means with the same letter in a column were not significantly different at 5％ level by least significance difference.

4.3 不同栽培槽處理對栽培介質化學特性之影響

於甜瓜採收後進行不同栽培槽處理之介質化學特性分析，結果顯示(表四)，其中 pH 值約在 6.53-7.24 之間，以籃耕的 pH 值 7.24 及微量袋耕 7.19 顯著高於其他處理者(袋耕栽培及槽耕栽培)。電導度(EC)也有相同的趨勢，在不同處理間電導度(EC)在 0.37-0.44 之間，但處理者間昗顯著性差異。在介質氮、磷、鉀、鈣及鎂含量分析中，氮含量以籃耕栽培（B 處理）的 0.75％最高，其次為微量袋耕（C 處理）的 0.70％、槽耕栽培（D 處理）的 0.69％及袋耕栽培（A 處理）的 0.66％，處理彼此間有顯著性差異。在磷含量以微量袋耕的 0.23％最高，其

次為籃耕栽培的 0.13%、槽耕的 0.12%及袋耕的 0.04%，處理彼此間有顯著性差異。在鉀含量以微量袋耕的 0.19%最高，其次為槽耕的 0.13%、籃耕的 0.10%及袋耕的 0.06%，處理彼此間有顯著性差異。在鈣含量以微量袋耕的 2.78%最高，其次為籃耕的 2.34%、槽耕的 2.13%及袋耕的 1.74%，處理彼此間有顯著性差異。在鎂含量以籃耕槽耕的 0.45%最高，其次為袋耕的 0.43%及籃耕的 0.43%，而與微量袋耕的 0.34%，處理間有顯著性差異。其中無機元素含量並無隨著養液灌溉量較多而有增加的趨勢，而與栽培介質量多寡對介質電導度(EC)及無機元素含量是否容易相對累積並無一致性趨勢。因此，在甜瓜栽培後介質無機元素含量累積是否與養液灌溉量或栽培介質量有關仍有待更多的試驗後，進行整體分析才能再確認。

表四、不同栽培槽處理對栽培介質化學特性之影響

Table 4. The chemical characteristics of substrates after melonharvested on the treatments of different cultural containers

Treatment[1]	pH	EC(1：10) (dS/m)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
A	6.53 [b]	0.37 [a]	0.66 [b]	0.04 [c]	0.06[d]	1.74[c]	0.43 [a]
B	7.24 [a]	0.44 [a]	0.75 [a]	0.13 [b]	0.10 [c]	2.34 [b]	0.43 [a]
C	7.19 [a]	0.44 [a]	0.70 [ab]	0.23 [a]	0.19 [a]	2.78[a]	0.34 [b]
D	6.97 [b]	0.37 [a]	0.69 [b]	0.12 [b]	0.13 [b]	2.13 [b]	0.45 [a]

[1] Description in Table 1.

[2.] Means with the same letter in a column were not significantly different at 5% level by least significance difference.

4.4 不同栽培槽處理對栽培甜瓜葉片元素含量之影響

不同栽培槽處理栽培甜瓜對葉片無機養分吸收之影響結果顯示（表六），葉片氮含量以袋耕栽培（A 處理）的 2.11%最高，與其他處理(B、C 及 D)間已達顯著性差異，其次依序為籃耕栽培（B 處理）的 1.86%、槽耕栽培（D 處理）的 1.85%及微量袋耕（C 處理）1.79%，但無顯著性差異。葉片磷含量以微量袋耕的 0.47%，其次依序為袋耕的 0.46%、籃耕的 0.36%及槽耕的 0.32%，各處理間部分已達顯著性差異。葉片鉀含量以槽耕的 1.65%最高，袋耕栽培的 1.268%及微量袋耕的 1.04%，而以籃耕栽培的 1.02%最低；各處理間部分已達顯著性差異。葉片鈣含量以籃耕的 2.51%，其次依序為槽耕 2.27%、袋耕的 2.25%及微量袋耕的 2.23%，籃耕與其餘各處理達顯著性差異，其餘處理彼此間則無顯著性差異。葉片鎂含量以籃耕的 0.67%，其次依序為槽耕 0.52%、袋耕的 0.48%及微量袋耕的 0.47%，籃耕與其餘各處理達顯著性差異，其餘處理彼此間則無顯著性差異。綜合不同栽培槽處理對甜瓜葉片無機養分吸收結果顯示，

不論是氮、磷、鉀及鈣等無機養分含量，在不同處理間之影響受到養液灌溉量較多而葉片無機養分有增加的趨勢。「植物營養診斷」是藉分析植物之組織或器官中養分、酵素活性或代謝產物等來評估植體營養狀況，其中葉片分析較為簡便而被廣泛應用[8,9,14]。以葉片分析診斷作物營養狀態，乃因葉片各無機元素濃度適當與平衡，始可獲得有良好產量與品質[5,6,8,9,11,13,14]。‘嘉玉’甜瓜在前期研究中的葉片氮含量 2.5~3.2%(平均值 2.84%)，磷含量 0.43~0.58%(平均值 0.51%)，鉀含量 4.4~5.1%(平均值 4.75%) [14]，而本試驗結果中葉片氮含量各處理介於 1.85~2.11%之間，磷含量介於 0.32~0.47%之間，鉀含量介於 1.02~1.65%之間，葉片氮、磷及鉀相較前期研究均有偏低，而且顯示在不同栽培槽處理，將會影響栽培甜瓜葉片元素中氮、磷、鉀、鈣及鎂等含量。

表五、不同栽培槽處理對栽培甜瓜生育末期葉片元素中氮、磷、鉀、鈣及鎂含量之影響

Table 5. The effects of cultural container on the N, P, K, Ca and Mg contents in leaf at melon harvested stage

Treatment[1]	N	P	K	Ca	Mg
		------------------------------(%)------------------------------			
A	2.11 [a]	0.46 [a]	1.26 [b]	2.25 [b]	0.48 [b]
B	1.86 [b]	0.36 [b]	1.02 [c]	2.51 [a]	0.67 [a]
C	1.79 [b]	0.47 [a]	1.04 [bc]	2.23 [b]	0.47 [b]
D	1.85 [b]	0.32 [b]	1.65 [a]	2.27 [b]	0.52 [b]

1.Description in Table 1.

2.Means with the same letter in a column were not significantly different at 5% level by least significance difference.

4.5 不同栽培槽對甜瓜生育期灌溉量及肥料量之影響

不同栽培槽處理對甜瓜生育期(105 年 5 月 13 日至 105 年 7 月 15 日)灌溉量及肥料量之影響結果顯示(表六)，灌溉量方面以槽耕栽培微噴灌溉方式水量每株達 48.8L/plant，其次分別為袋耕栽培 29.9 L/plant，籃耕栽培 23.5 L/plant 及微量袋耕 22.6 L/plant，滴管方式明顯較槽耕栽培微噴灌溉方式節省灌溉水量。硝酸鉀以槽耕栽培的 14.8 g/plant，其餘處理間硝酸鉀用量介於 6.9~9.13 g/plant 之間。硝酸鈣以槽耕栽培的 20.2 g/plant，其餘處理間硝酸鈣用量介於 9.39~12.4 g/plant 之間。硫酸鎂以槽耕栽培的 9.27 g/plant，其餘處理間硫酸鎂用量介於 4.3~5.69 g/plant 之間。磷酸一鉀以槽耕栽培的 4.39 g/plant，其餘處理間硝酸鉀用量介於 2.04~2.69 g/plant 之間。綜合微量元素及 EDTA-鐵均分別在槽耕栽培的 1.46 g/plant，其餘處理間綜合微量元素及 EDTA-鐵用量介於 0.67~0.9 g/plant 之間。雖然灌溉量及肥料量以微量袋耕較節省水及肥料，但綜合上述園藝性狀不論是在植株生育性狀、產量及甜瓜果實相較其他處理等整體表現已達顯著性差異，故建議以顯示利用袋耕栽培或籃耕可達到節省設施介質及肥料環境友善

栽培之目標。

表六、不同處理對甜瓜生育期灌溉量及肥料量之影響

Table 6. Comparisons of irrigation amount and fertilization amount for the different cultural container of melon

Treatment[1]	Irrigation (L/plant)	KNO_3	$Ca(NO_3)_2$	$MgSO_4$	KH_2PO_4	Mic. mix.[2]
A	29.9	9.13	12.4	5.69	2.69	0.90
B	23.5	7.19	9.78	4.48	2.12	0.70
C	22.6	6.90	9.39	4.30	2.04	0.67
D	48.8	14.8	20.2	9.27	4.39	1.46

[1] Description in Table 1.

[2]Mic. mix (Micronutrient mixture)

4.6 不同栽培槽處理之生產資材成本分析

不同栽培槽處理對甜瓜生育期(105 年 5 月 13 日至 105 年 7 月 15 日)使用之肥料量成本及換算單株介質量成本進行生產資材成本分析，結果顯示（表七），以槽耕栽培每株成本達 116.6 元/plant，其次分別為袋耕栽培 65.1 元/plant，籃耕栽培 58.2 元/plant 及微量袋耕 6.9 元/plant。上述生產資材成本分析雖然以微量袋耕最低，但微量袋耕在植株生育性狀、產量及果實相較其他處理等園藝性狀整體表現與其他處理有顯著性差異，袋耕則與槽耕處理無顯著性差異。因此，考量生產資材成本與收益建議以袋耕栽培為宜。

表七、不同栽培槽處理之生產資材成本分析

Table 7. Comparisons of production cost for the different cultural container of melon

Treatment[1]	Substrate [2]	KNO_3	$Ca(NO_3)_2$	$MgSO_4$	KH_2PO_4	EDTA -Fe	Mic. mix.*	Total
	------------------------------------			(NT＄/plant) -------------------------------				
A	63.5	0.53	0.35	0.10	0.16	0.20	0.23	65.1
B	57.0	0.42	0.27	0.08	0.13	0.15	0.18	58.2
C	5.7	0.40	0.26	0.08	0.12	0.15	0.17	6.9
D	114.0	0.86	0.57	0.17	0.26	0.32	0.37	116.6

[1] Description in Table 1.

[2] Substrate:3.8 NT＄/L；KNO_3:58 NT＄/kg；$Ca(NO_3)_2$:28 NT＄/kg；$MgSO_4$:18 NT＄/kg；KH_2PO_4:60 NT＄/kg；EDTA-Fe:220 NT＄/kg；Mic. mix*.(Micronutrient mixture): 250 NT＄/kg。

五、結論

本試驗目的在於探討不同栽培槽對設施甜瓜介質栽培之影響。由試驗結果顯示，其中以袋耕或槽耕在園藝性狀或產量表現較好。在果實性狀方面，不論試果高、果肉厚度、總可溶性固形物及單果重等以以袋耕或槽耕表現較好。對設施甜瓜介質及葉片元素，分析結果顯示不論是介質或葉片元素與養液灌溉量增加，其元素含量並無一致性增加的趨勢。灌溉量方面以槽耕栽培灌溉量最高達 48.8 L/plant，其次分別為袋耕栽培 29.9 L/plant，籃耕栽培 23.5 L/plant 及微量袋耕 22.6 L/plant。綜合上述結果，顯示袋耕栽培在植株性狀、產量及甜瓜果實等園藝性狀表現較槽耕處理者並無顯著性差異，但在灌溉量及肥料量以袋耕栽培較槽耕處理更節省肥料及灌溉水，建議應用袋耕方式栽培甜瓜，可達到降低成本、兼顧產量及品質之目標。

六、參考文獻

1. 山崎肯哉。1982。養液栽培全編。博友社東京日本。
2. 王銀波、吳正宗。1990。栽培液之理論與實際，14-24。養液栽培技術講習會專刊第三輯。鳳山熱帶園藝試驗分所編印。
3. 李文汕。1999。蔬菜無土介質容器栽培，1-17。蔬菜容器栽培技術開發研討會專輯國立中興大學編印。
4. 李文汕。2001。台灣蔬菜設施栽培之現況與發展。國際果蔬產業技術論壇論文專輯福建省廈門市。
5. 李國權、林慧玲、林恆亮。1990。果樹之營養缺乏及症狀，29-34。果樹營養與果園土壤管理研討會專集。台中區農業改良場編印。
6. 林鴻淇。1990。果樹無機養分的吸收及運移。果樹營養與果園土壤管理研討會專集，1-10。台中區農業改良場編印。
7. 邱如峰。2006。美濃瓜‘嘉玉’直立式栽培。園藝之友 115：40-42。
8. 高橋英一、吉野実、前田正男。1980。新版原色作物の要素欠乏過剰症。農文協東京，日本。
9. 張禮忠、毛知耘譯。1992。利用植物測試診斷礦物元素缺乏症，63-76。植物無機營養。農業出版社中國北京。
10. 游雯蓉、林慧玲。2003。瓜類不同嫁接組合對礦物元素吸收及運移之調查。興大園藝 28（3）：39-56。
11. 詹惠雯、李文汕。2006。有機介質簡化養液栽培對胡瓜‘夏迪’生長發育之影響與大園藝 31（3）：43-56。
12. 蔡宜峰、莊作權、黃裕銘。1995。堆肥有效養分潛能估測之研究，242-258。有機質肥料合理施用技術研討會專刊。臺灣省農業試驗所特刊第50號。

13. 戴振洋、蔡宜峰。2008。不同養液肥料對介質栽培東方甜瓜之影響。臺中區農業改良場研究彙報 99：61-72。
14. 戴振洋蔡宜峯。2009。不同養液配方對東方甜瓜植體中氮、磷、鉀、鈣及鎂含量之影響。臺中區農業改良場研究彙報 104：17-28。
15. 戴振洋蔡宜峯。2014。椰纖介質容量對設施番茄生育之影響。臺中區農業改良場研究彙報 123：1-9。
16. Bremner. J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. p.595-624. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 2. Academic Press, Inc., New York.
17. Juld, R. 1982. Bag culture Amer. Veg. Grower. 30:40-42.
18. Kundsen. D. and G. A. Peterson. 1982. Lithium, sodium, and potassium. p.225-246. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 2. Academic Press, Inc., New York.
19. Lanyon, L. E. and W. R. Heald. 1982. Magnesium, calcium, strontium, and barium. p.247-262. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 2. Academic Press, Inc., New York.
20. Olsen. S. R., and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. p.403-430. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 2. Academic Press, Inc., New York.
21. Valantin, M., C. Gary, B. E. Vaissière, and J. S. Frossard. 1999. Effect of fruit load on partitioning of dry matter and energy in Cantaloupe (Cucumismelo L.). Ann. Bot84: 173 - 181.

設施青蔥生產改進研究

許淼淼、林楨祐
鳳山熱帶園藝試驗分所

一、摘要

農試所鳳山分所由 2013 年開始進行適合設施內栽培的青蔥品種耐熱性篩選試驗。由彰化、雲林、宜蘭、高屏地區等產地共計收集 46 地方品種（系），另收集種子 40 個品種（系），分別於春作定植於田間，觀察紀錄其生育情形，並調查分蘗性、植株型態等特性。春作初步選出分株苗 22 品種（系），實生苗 13 品系。並將獲選植株於夏作分別種植於設施（塑膠布網室）及田間，比較其耐熱性。由設施內選出編號Su12、Su19、Su20、Su26 共計 4 品種（系），田間選出編號Su12、Su18、Su19、Su20、Su27 共計 5 品種（系）。選定之品系於秋作進行大量增殖分株苗，作為隔年夏季耐熱篩選之材料。經過二年 (2014-2015) 試驗，選拔目標為四季蔥，以分蘗性、單叢重及植株型態等特性為選拔依據，春作及夏作均以編號Su12、Su19 及Su20 為較優秀之品種（系）。栽培介質仍以泥炭土最佳，椰纖混拌泥炭土之青蔥生育表現次之，當泥炭土來源逐漸減少時，則可利用椰纖為替代資材。介質連作二年以上，會影響青蔥植株生育及產量。在立體化栽培試驗中，槽植耕栽培中的青蔥其單叢重和蔥白寬皆表現較佳。A、B型立體架與單層的塑膠容器處理組比較，表現出較佳的單位面積產量，且又以基地面積較小之B型立體架效果為佳。

關鍵字：青蔥、耐熱篩選、介質、立體化栽培

二、前言

青蔥為重要辛香料作物，適合冷涼季節栽培，且產地集中於彰化、雲林及宜蘭。觀察過去幾年統計資料，夏季一旦發生颱風豪雨，極易造成價格波動，加上傳統復耕期長，常發生市場供貨空窗期過長，因此如何穩定青蔥生產已成為重要民生議題。青蔥年栽培面積約為 4,000~5,000 公頃之間，民國 103 年為 4,706 公頃，以彰化縣 1,685 公頃最多，其次雲林縣、宜蘭縣，高雄市等，分別為 1,509 公頃、631 公頃及 221 公頃；其餘各縣市均有零星栽培，顯示青蔥適應性較廣。一般而言，四季蔥葉身較北蔥大，葉肉厚而柔軟，品質優良，耐旱性較強，耐熱性較北蔥差，比較適合冷涼氣候栽培，本省以宜蘭縣三星鄉採用高畦栽植生產的四季蔥最具知名度。青蔥栽培大都採用分株繁殖，尤其是四季蔥，應用無性繁殖方式不但能縮短種植期，也保存了母株所有的園藝性狀，避免品種變異，是最經濟實惠的栽培方式(劉，2005)。

夏季颱風豪雨造成在田間青蔥植株死亡,或因疫病及軟腐病產生異味影響商品價值,目前栽培品種多不抗疫病及軟腐病，尤其是四季蔥，解決方法之一為利用塑膠布溫室設施將雨水排除，降低疫病及軟腐病發生機率。

三、材料與方法

1.篩選可在設施內栽培之耐熱青蔥品種(系)

(1) 青蔥地方品種收集及引種：由宜蘭、彰化、雲林、高雄與屏東等產地收集無性繁殖四季蔥，另由國內及國外引入種子型態的耐熱青蔥商業品種，共計 86 品種(系) ，於鳳山分所進行品系特性調查與繁殖。

(2) 耐熱青蔥品種(系)比較：由 2013 年春作 63 個青蔥參試品系中，初步選出 22 個分株苗品系及 13 個種子苗品系，於夏作進行耐熱性篩選，分別定植於塑膠布溫室及田間，塑膠布溫室利用無土介質與養液栽培評估品種，期間記錄環境溫濕度，調查產量與蔥白長度等性狀，選拔在田間及設施內生育表現皆優良之品種。獲選之耐熱青蔥品種（系）於秋作及春作進行大量繁殖，並調查園藝性狀。

(3) 青蔥耐熱品種(系)區域試驗：本試驗於 103 年夏季在路竹田區進行，供試青蔥品種(系)為鳳山分所選出之青蔥 Su12、Su15、Su19 及 Su20，以北蔥為對照。

2. 探討本土化介質應用於設施青蔥周年生產的可行性，尋求最佳替代性介質比：以泥炭土為基質混拌其他無土介質，包括椰纖、稻殼、碳化稻殼及菇類廢棄物堆肥等本土化資材，共計 8 種介質配方，比較其對青蔥栽培生育之影響。

3. 發展青蔥立體化栽培模式：本試驗分 A 型立體架、B 型立體架、塑膠容器和槽植耕等四種處理組，栽培作物為鳳山分所選出之青蔥 Su12，希建立設施內青蔥槽植耕立體栽培模式。

四、結果與討論

1.篩選可在設施內栽培之耐熱青蔥品種(系)

(1) 青蔥地方品種收集及引種：由宜蘭、彰化、雲林、高雄與屏東等產地收集無性繁殖四季蔥，另由國內及國外引入種子型態的耐熱青蔥商業品種，共計 86 品種(系)。分株苗於春作及夏作分別收集 37 及 9 品種(系)，共計 46 品種(系)；種子於春作及夏作分別收集 26 及 14 品種(系)，共計 40 品種(系)。2013 春作青蔥參試品種(系)63 個，進行繁殖與品系特性調查，初步選出 22 個分株苗品種(系)及 13 個種子苗品種(系)，於夏作進行耐熱性篩選。

(2)青蔥耐熱品種(系)比較：分別於田間及塑膠布溫室內進行，塑膠布溫室利用無土介質與養液管理評估品種特性，期間記錄環境溫濕度，調查產量與蔥白長

度等性狀，選拔在兩處皆表現優良品種。2013 年夏作設施及田間生育調查結果，以分蘗性、單叢重、株型等特性作為選拔依據，設施內 37 個品種(系)中選出具有優良園藝性狀為編號 Su 12、Su 19、Su 20、Su 26 等 4 品種(系) (表 3)。田間 40 個品種(系)中選出具有優良園藝性狀為編號 Su 12、Su 18、Su 19、Su 20、Su 27 等 5 品種(系) (表 4)。

2014 年春作田間及設施生育調查結果，田間栽培部分（表 5）單叢重方面以編號 Su18 及 Su19 最高，分別為 642 及 576 公克；Su34 及 Su12 次之，分別為 567 及 566 公克；而以 Su20 最低為 466 公克。分蘗數以 Su18 及 Su12 最多，分別為 17 及 15 支；Su20 及 Su19 次之，分別為 14 及 11 支；而以 Su109 最低為 6 支。蔥白長及蔥白寬方面以編號 Su109 及 Su34 最長，Su15 及 Su19 次之，而以 Su20 最低。葉片數以 Su12、Su18 及 Su20 最多，分別為 84、74 及 71 片；Su19 及 Su15 次之，分別為 64 及 59 片；而以 Su109 最低為 38 片。表 6 為春作設施生育調查結果，單叢重方面以編號 Su20 及 Su19 最高，分別為 260 及 241 公克；Su109 及 Su18 次之，而以 Su12 最低為 211 公克。分蘗數以 Su20 及 Su12 最多，分別為 9 及 7 支；Su18 及 Su19 次之，而以 Su109 最低為 4 支。蔥白長及蔥白寬方面以編號 Su109 及 Su19 最長，Su18 次之，而以 Su12 及 Su20 最低。葉片數則以 Su20 及 Su12 最多，分別為 50 及 41 片；Su19 及 Su18 次之，分別為 34 及 33 片；而以 Su109 最低為 25 片。綜合各種性狀觀察得知，以編號 Su12 及 Su20 生育最佳，其植株株形緊密，葉片數多，且分蘗數多。設施栽培植株生育較田間生育差，推測可能原因為高溫及遮陰造成之影響。

2014 年夏作田間及設施生育調查結果，如表 7 及表 8，田間栽培部分（表 7）單叢重方面以編號 Su19 及 Su109 最高，分別為 199 及 174 公克；Su12 及 Su20 次之，分別為 163 及 151 公克；而以 Su15 最低為 104 公克。分蘗數以 Su20 及 Su12 最多，分別為 7 及 6 支；Su19 及 Su109 次之，分別為 5 及 5 支；而以 Su15 最低為 4 支。蔥白長及蔥白寬方面以編號 Su109 及 Su19 最長，Su12 及 Su15 次之，而以 Su20 最低。葉片數以 Su12 及 Su20 最多，分別為 40 及 35 片；Su19 及 Su109 次之，分別為 34 及 30 片；而以 Su15 最少為 26 片。表 8 為夏作設施生育調查結果，單叢重方面以編號 Su19 及 Su12 最高，分別為 143 及 130 公克；Su109 及 Su20 次之，而以 Su15 最低為 65 公克。分蘗數以 Su20 及 Su12 最多，分別為 4 及 4 支；Su19 及 Su109 次之，而以 Su15 最低為 3 支。蔥白長及蔥白寬方面以編號 Su19 及 Su109 最長，Su15 次之，而以 Su12 及 20 最低。葉片數則以 Su12 及 Su20 最多，分別為 23 及 22 片；Su19 及 Su109 次之，而以 Su15 最低為 14 片。以分蘗性、單叢重、株型等特性作為選拔依據，以編號 Su12 及 Su20 生育最佳，編號 Su19 次之。春作為適合青蔥栽種之季節，植株生育旺盛，而夏作單叢重僅春作之 1/3 – 1/4，分

蘖數也減少一半，此乃因夏作期間高溫與多雨，青蔥生育受阻及病蟲害發生嚴重所致。

(3)青蔥耐熱品種地方試種：本試驗青蔥夏作於路竹試區進行，結果如表 9，單叢重方面以編號 Su20 及 Su12 最高，分別為 111 及 95 公克；Su19 次之，而以 Su15 最低為 46 公克。分蘖數以 Su20 最多為 5 支；Su19 及 Su12 次之，而以 Su15 最低為 3 支。葉片數則以 Su20 及 Su12 最多，分別為 36 及 27 片；Su19 次之，而以 Su15 最低為 19 片。本試驗因田區土質較黏重，試作農民對青蔥栽培管理較生疏，且遭遇颱風及豪雨侵襲等因素，導致栽培結果不如預期。

(4) 青蔥耐熱品種(系)繁殖：獲選之耐熱四季蔥品種於秋作進行大量增殖，作為隔年試驗及示範觀摩用。

2. 探討本土化介質應用於設施青蔥周年生產的可行性

收集稻殼、碳化稻殼及菇類廢棄物堆肥等本土化資材，另嘗試以泥炭土為基質混拌本土化無土介質，探討適當調配比例，以開發適合設施立體栽培之介質。比較各種混合介質對青蔥生育之影響，以單質泥炭土介質為對照，並於栽培後每期作探討各栽培介質之理化性變化。本試驗調製之八種介質處理如下：A. 泥炭土、B. 椰纖、C. 泥炭土與椰纖混合、D. 泥炭土與菇類廢棄物堆肥混合、E. 椰纖與菇類廢棄物堆肥混合、 F. 泥炭土與稻殼及炭化稻殼混合、G. 泥炭土與稻殼及菇類廢棄物堆肥混合、H. 泥炭土與椰纖及菇類廢棄物堆肥混合。本試驗之介質在種植前取樣測定 pH 及電導度(EC)，除泥炭土外，pH 值均在 6 以上，電導度(EC)除 B 及 C 處理（低於 1.0 mS/cm）外，約在 1.24～2.74 mS/cm 之間（表 10）。在青蔥種植後，介質 pH 有下降趨勢，而 EC 稍有升高現象，處理 A 及 E 則降低。表 11 為秋作青蔥生育表現，以處理 A 及 B 最佳，處理 H 及 D 次之，處理 F 最差。本試驗結果顯示，栽培介質仍以泥炭土最佳，椰纖混拌泥炭土之青蔥生育表現次之，當泥炭土來源逐漸減少時，則可利用椰纖為替代資材。稻殼及碳化稻殼保水性差，比重較輕，不適合單獨作為介質使用，需與其他保水性佳的資材混合使用。菇類廢棄物堆肥依其堆肥化程度，一般半年以上，即可直接作為栽培介質，或與其他資材混合使用，但未經堆肥化過程之材料，則不宜作為栽培介質使用。本試驗介質連續栽培二年以上，會影響青蔥植株生育及產量。

3. 發展青蔥立體化栽培模式：

本試驗分 A 型立體架、B 型立體架、塑膠容器和槽植耕等四種處理組，栽培作物為鳳山分所選出青蔥‘Su12’。其中 A 型立體架每座之基地面積 3.6m^2，總栽植面積 6 m^2（分三層，上層 1.2 m^2、中層 2.4 m^2、中層 2.4 m^2）；B 型立體架每座之基地面積 2.4 m^2，總栽植面積 4.8 m^2（分三層，上層 1.2 m^2、中層 1.2 m^2、中層 2.4 m^2），塑膠容器與槽植耕皆為單層栽培。

各處理組對青蔥生長之比較試驗中，結果顯示如表 12，青蔥的株高方面以 A

型立體架、B 型立體架和塑膠容器較槽植耕處理高，單叢重方面以槽植耕較其他三種處理高，蔥白寬方面以槽植耕處理較 B 型立體架和塑膠容器長，單位面積產量方面以 B 型立體架和槽植耕處理較高。比較 A 型與 B 型立體架栽培之各層生長情形，結果顯示，在株高、單叢重、分蘗數和蔥白寬方面，A 型與 B 型立體架中各層的青蔥生長無顯著差異，僅下層的蔥白長度較上層長（表 13）。

在槽植耕栽培中的青蔥其單叢重和蔥白寬皆表現較佳，由於槽植耕的雜草抑制蓆材質較其他三處理的塑膠材質更為通氣，在夏季高溫下 A、B 型立體架等塑膠容器內累積之熱氣較無法快速導出，可能會影響青蔥的生長。A、B 型立體架與單層的塑膠容器處理組比較，表現出較佳的單位面積產量，顯示經由提高層架數可有效提供產量，且又以基地面積較小之 B 型立體架效果較佳，各層架中以上層的蔥白長較短，雖上層光合有效輻射較高，但相對上層高溫亦可能影響青蔥的生長。因此，未來可朝向改善各栽植層的容器材質，縮小層架的高度或提高溫室高度以改善上層高溫現象，並再進一步評估青蔥的生長情形。

五、結論

植物抗高溫逆境通常是由複因子所控制(Barton and Brill,1983)。在日本的研究，蔥白長度與溫度關係相當密切，蔥白發育最佳之土壤溫度為 15℃，日溫 23-30 ℃，蔥白可達 22-25cm；土壤溫度為 25 ℃，不論日溫 16、23、30 ℃，蔥白長度皆低於 15cm(農文協，1989)。花蓮場以北蔥品種'福蔥'、'新莊'與四季蔥品種'蘭陽 1 號'、'宜蘭 2 號'四品種為材料，經 2001 年與 2002 年春季與夏季共四期田間試驗，探討青蔥之園藝性狀，如單叢重、分蘗數、植株展幅、蔥白直徑、蔥白長度、葉片數目、植株高度、葉片寬度等 8 種性狀與耐熱性之關係。結果顯示'新莊'與'福蔥'為耐熱品種，'蘭陽 1 號'與'宜蘭 2 號'屬熱敏感品種。植株高度、葉片寬度可作為田間高溫指標，卻無法作為青蔥耐熱指標。單叢重、分蘗數、蔥白直徑三性狀適合作為耐熱指標。

青蔥品種耐熱性篩選試驗，分別於鳳山分所田區及塑膠布網室種植，以分蘗性、單叢重及植株型態等特性為選拔依據，春作以編號Su12 生育表現最佳，Su19 及 Su20次之。夏作亦選出編號Su12、Su19 及Su20 為較優秀之品種（系）。選定之品系須於秋作進行大量增殖分株苗，作為隔年夏季耐熱篩選之材料。栽培介質仍以泥炭土最佳，椰纖混拌泥炭土之青蔥生育表現次之，當泥炭土來源逐漸減少時，則可利用椰纖為資材。介質連作二年以上，會影響青蔥植株生育及產量。在立體化栽培試驗中，槽植耕栽培中的青蔥其單叢重和蔥白寬皆表現較佳，B型立體架的單位面積產量較佳。

六、參考文獻

尤進欽、郭純德、方怡丹、劉芯瑄 2007 籃耕栽培對青蔥生育之影響植物種苗 9(1):19-33。

沈再發、許淼淼。1989。作物的營養特性及影響養液組成之因素。養液栽培技術講習會專刊第二輯 p.44-59 。鳳山熱帶園藝試驗分所編印。

沈再發、許淼淼 1991 蕹菜水耕之養液試驗中華農業研究 40(4): 407-416。

洪瑛穗。2003。影響青葱分蘗性之研究。台灣:台中。國立中興大學園藝學系碩士論文。

馬建華。2009。生菜柱式立體無土栽培基質的選擇與配比研究。安徽農業科學 37(36): 17942-17943。

陳任芳。2011。青蔥種苗植前消毒處理技術。花蓮區農技報導 95:1-4。

陳宥庄。1997。分葱健康種苗培育之研究。台灣:台中。國立中興大學園藝學系碩士論文 pp.3-24。

許苑培。1980。青葱種植深度對葉鞘軟白品質與產量之影響。蔬菜作物試驗研究彙報 (第六輯) 台南區農業改良場 pp.108-112。

楊宏瑛。2005。蔬菜-蔥。p.345-348。臺灣農家要覽增修訂三版。豐年社。臺北市。

楊素絲、陳吉村。2010。青蔥合理化施肥技術。行政院農業委員會臺中區農業改良場 (作物合理化施肥專輯－－特刊 100 號)：145-148 頁。

楊宏瑛、鄧汀欽、張武男。 2001。四季蔥健康種苗快速繁殖技術 1.分蔥潛隱病毒檢測與無病毒新梢之誘導。花蓮區農業改良場研究彙報 19: 37-49。

劉兆烘。 2005。四季蔥健康種苗生產體系及繁殖技術之研究。國立中興大學園藝系博士論文。

農文協 1989 葱野菜園藝大百科第十卷農山漁村文化協會 p.3-152。

Dapoigny, L. S. Tourdonnet, J. R. Estrade, M. H. Jeuffroy, and A. Fleury. 2000. Effect of nitrogen on growth and nitrate accumulation in lettuce (*Lactuca sativa* L.), under various conditions of radiation and temperature. Agronomie 20: 843-855.

Yamasaki, A., H. Miura, and K. Tanaka. 2000. Effect of photoperiods before, during and after vernalization on flower initiation and development and its varietal difference in Japanese bunching onion (*Allium fistulosum* L.). J. Hort. Sci. ＆ Bio. 75:645-650.

Zhao Y, Li P, Huang K, Wang Y, Hu H, Sun Y. 2012. Control of postharvest soft rot caused by *Erwinia carotovora* of vegetables by a strain of *Bacillus amyloliquefaciens* and its potential modes of action. World J. Microbiol. Biotechnol. DOI 10.1007/s11274-012-1193-0.

表 1. 2013 春作青蔥不同品種園藝特性比較（分株苗）

編號	分株數（支）	單叢重 (g)	株重 (g)	株高 (cm)	蔥白長 (cm)	蔥白寬 (cm)
001	20.4	176.5	11.6	49.8	14.2	0.84
002	13.5	112.9	10.2	46.6	13.8	0.89
003	10.8	84.8	8.8	43.9	11.5	0.79
004	32.4	204.2	8.5	53.4	14.7	0.75
005	28.5	464.9	23.4	69.4	20.1	1.27
006	59.7	421.8	9.6	52.0	15.5	0.86
007	37.0	385.6	11.8	53.3	15.0	0.93
008	66.6	500.3	9.6	48.9	14.7	0.86
009	42.9	342.8	11.8	52.1	15.0	0.91
010	56.9	391.4	9.9	47.4	13.4	0.85
011	54.2	383.6	10.9	49.5	15.5	0.93
012	5.5	181.5	40.9	60.4	19.5	1.52
013	15.8	211.8	18.0	55.9	15.6	1.12
014	21.1	278.7	17.0	52.3	24.4	1.03
015	20.1	284.1	16.1	56.3	15.7	1.38
016	32.2	308.6	11.4	50.6	15.4	0.97
017	18.5	234.2	16.1	58.6	15.6	1.12
018	20.8	266.2	15.8	52.3	14.5	1.04
019	19.3	378.4	23.4	62.5	16.3	1.34
020w	31.5	573.3	21.7	56.5	15.4	1.13
021	13.2	368.9	32.9	66.1	15.2	1.40
022	12.6	322.9	29.0	65.3	14.6	1.33
023	13.8	335.0	30.3	63.5	15.6	1.35
024	17.4	485.4	36.4	67.9	16.2	1.44
025	25.9	447.6	22.2	58.0	14.8	1.34
026	16.0	472.1	36.9	62.1	14.0	1.48
027	20.7	474.1	27.6	62.4	15.4	1.22
028	23.2	369.8	19.6	54.3	13.8	1.24
029	22.1	423.7	25.7	58.2	14.9	1.32
031	7.4	347.1	52.4	73.6	19.7	1.63
032	6.8	265.0	47.7	61.9	18.3	1.64
033	11.4	273.2	26.8	63.4	14.4	1.40
034	19.1	381.8	24.8	56.8	14.1	1.33
035	15.6	342.9	27.6	57.5	13.7	1.32
036	72.4	466.8	9.1	47.9	13.2	0.79
037	73.8	334.2	7.9	45.2	14.5	0.83

表 2.　2013 春作青蔥不同品種園藝特性比較(種子苗）

編號	分株數（支）	單叢重 (g)	株重 (g)	株高 (cm)	蔥白長 (cm)	蔥白寬 (cm)
AL04	1.8	66.2	37.9	54.7	9.2	1.59
AL05	3.0	135.3	46.7	57.3	11.3	1.61
AL06	3.1	132.4	43.3	57.2	12.5	1.40
AL07	4.8	148.4	31.9	60.1	10.0	1.55
AL08	7.6	173.2	27.8	57.1	9.8	1.51
AL09	4.7	99.5	23.9	54.3	10.9	1.32
AL10	8.5	222.3	31.7	59.7	11.3	1.23
AL11	7.2	112.8	18.3	57.1	11.2	1.10
AL12	4.1	119.4	30.8	62.3	13.1	1.44
AL14	4.3	87.4	21.5	49.5	8.8	1.28
AL15	3.4	154.9	46.4	53.2	12.1	1.60
AL16	4.3	121.2	29.7	57.7	11.1	1.36
AL17	4.8	142.8	32.2	55.8	13.3	1.20
AL18	3.4	159.2	50.7	62.8	14.0	1.60
AL19	4.5	190.5	45.1	63.7	13.1	1.62
AL20	4.7	127.4	28.8	54.9	10.5	1.40
AL21	6.1	143.8	24.9	52.0	10.4	1.25
AL22	5.9	220.6	39.1	60.5	11.0	1.66
AL23	4.9	182.5	38.3	61.6	11.6	1.83
AL24	3.6	207.9	61.9	57.7	12.3	1.88
AL25	4.9	160.6	34.6	54.0	10.8	1.51
AL26	2.3	160.6	47.6	57.8	13.4	1.54

表 3.　2013 夏作田間耐熱篩選青蔥不同品種園藝特性比較

編號	分株數 (支)	單叢重 (g)	株高 (cm)	蔥白長 (cm)	蔥白寬 (cm)	葉寬 (cm)
Su06	7.4	85.2	39.0	8.9	0.73	1.9
Su12	13.3	350.3	51.7	11.5	1.18	1.4
Su14	6.8	228.9	60.2	12.1	1.26	1.2
Su15	5.9	279.5	63.1	12.4	1.16	1.3
Su16	5.9	192.0	54.5	11.5	1.18	1.4
Su17	10.8	310.2	56.0	12.0	1.15	1.3
Su18	10.6	219.7	49.9	11.7	0.98	1.2
Su19	9.1	337.9	59.3	12.8	1.33	1.3
Su20	14.2	259.6	47.5	10.9	1.02	1.2
Su26	7.1	169.0	55.5	12.6	0.86	1.2
Su27	9.1	372.7	64.1	12.7	1.39	1.6
Su29	9.5	306.8	67.4	14.7	1.19	1.6
Su34	11.3	453.7	65.1	13.0	1.38	1.6
Su35	7.5	356.1	64.7	13.2	1.23	1.4
Su109	6.2	367.7	62.7	14.0	1.67	2.0

註：2013.06.10 定植，2013.09.12 調查

表 4.　2013 夏作設施內耐熱篩選青蔥不同品種園藝特性比較

編號	分株數 (支)	單叢重 (g)	株高 (cm)	蔥白長 (cm)	蔥白寬 (cm)	葉寬 (cm)
Su06	6.4	133.7	65.0	13.0	0.82	1.1
Su12	8.7	216.3	70.3	13.4	1.00	1.2
Su14	5.7	147.3	74.4	13.9	0.94	1.1
Su15	4.4	142.1	75.6	13.5	1.01	1.3
Su16	6.0	155.4	75.7	13.9	0.88	1.2
Su17	7.4	174.4	72.2	13.8	0.88	1.2
Su18	6.1	185.1	67.5	12.5	1.00	1.4
Su19	5.9	216.7	76.5	15.9	1.06	1.3
Su20	7.4	162.7	69.0	13.8	0.91	1.3
Su26	6.6	242.8	84.2	16.6	1.03	1.4
Su27	7.1	159.1	75.6	14.4	0.89	1.3
Su29	5.3	177.4	84.2	15.9	1.00	1.3
Su34	6.7	164.1	73.1	14.1	0.90	1.3
Su35	8.7	225.6	76.6	13.9	0.87	1.4
Su109	4.3	209.0	77.7	15.3	1.25	1.6

註：2013.06.25 定植，2013.09.12 調查

表 5.　2014 春作田間耐熱篩選青蔥不同品種園藝特性比較

編號	分蘗數 (支)	單叢重 (g)	株高 (cm)	蔥白長 (cm)	蔥白寬 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉數 (片)
Su12	15.3	565.8	67.7	18.1	1.29	48.7	1.7	84.0
Su15	9.7	517.6	80.0	21.5	1.44	58.9	1.7	58.7
Su18	16.6	642.4	70.6	18.8	1.20	50.4	1.8	74.4
Su19	10.7	576.4	81.1	22.7	1.38	57.8	1.8	64.2
Su20	13.8	466.3	66.5	17.6	1.27	48.5	1.6	71.3
Su34	6.4	566.6	86.9	23.7	1.75	63.7	2.4	40.3
Su109	6.3	536.2	82.4	24.1	1.85	57.7	2.5	38.2

註：2014.02.10 定植，2014.05.15 調查

表 6.　2014 春作設施內耐熱篩選青蔥不同品種園藝特性比較

編號	分蘗數 (支)	單叢重 (g)	株高 (cm)	蔥白長 (cm)	蔥白寬 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉數 (片)
Su12	7.1	211.2	72.2	17.6	1.17	53.0	1.7	41.0
Su18	6.0	221.6	74.8	19.3	1.24	54.7	1.9	33.4
Su19	5.5	240.5	80.5	21.6	1.31	57.4	1.8	33.6
Su20	8.6	260.4	72.6	18.5	1.18	52.5	1.6	50.1
Su109	3.8	235.4	83.9	23.4	1.54	59.2	2.1	24.9

註：2014.01.27 定植，2014.04.29 調查

表 7.　2014 夏作田間耐熱篩選青蔥不同品種園藝特性比較

編號	分蘗數 (支)	單叢重 (g)	株高 (cm)	蔥白長 (cm)	蔥白寬 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉數 (片)
Su12	6 ab	162.7 a	49.7 cd	11.7 bc	1.23 a	38.3 c	1.4 a	35 ab
Su15	4 d	104.3 b	54.3 b	10.7 c	1.25 a	43.2 b	1.2 a	26 c
Su19	5 c	198.5 a	59.9 a	13.0 ab	1.31 a	47.1 a	1.5 a	34 ab
Su20	7 a	150.5 ab	47.6 d	10.2 c	1.17 a	37.6 c	1.2 a	40 a
Su109	5 c	173.9 a	57.1 ab	14.5 a	1.32 a	42.7 b	1.4 a	30 bc

註：2014.07.08 定植，2014.10.15 調查

表 8.　2014 夏作設施內耐熱篩選青蔥不同品種園藝特性比較

編號	分蘗數 (支)	單叢重 (g)	株高 (cm)	蔥白長 (cm)	蔥白寬 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉數 (片)
Su12	4.3 a	129.6 a	66.7 b	15.7 c	1.13 ab	50.9 a	1.4 a	23 a
Su15	2.5 a	65.1 a	69.0 b	16.8 b	0.94 c	52.1 a	1.3 b	14 a
Su19	3.5 a	142.5 a	75.8 a	19.9 a	1.21 a	54.6 a	1.4 a	22 a
Su20	4.3 a	105.2 a	67.4 b	15.8 c	0.98 c	51.9 a	1.2 b	22 a
Su109	3.3 a	114.5 a	75.5 a	19.7 a	0.99 b	55.0 a	1.5 a	17 a

註：2014.06.24 定植，2014.10.08 調查

表 9.　路竹試區耐熱篩選青蔥不同品種園藝特性比較（2014 夏作）

編號	分蘗數 (支)	單叢重 (g)	株高 (cm)	蔥白長 (cm)	蔥白寬 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉數 (片)
Su12	4 b	94.5 a	39.6 a	12.3 ab	1.15 a	28.2 a	1.2 a	27 b
Su15	3 c	46.3 b	42.5 a	12.9 a	1.27 a	29.8 a	0.8 b	19 c
Su19	4 b	86.3 ab	46.1 a	13.3 a	1.08 a	32.7 a	1.1 a	26 bc
Su20	5 a	110.9 a	40.0 a	11.3 b	1.20 a	29.4 a	1.2 a	36 a

註：2014.07.15 定植，2014.11.06 調查

表 10. 不同栽培介質之 pH（酸鹼值）及 EC（電導度）

介質種類	pH		EC(mS/cm)	
	種植前	種植後	種植前	種植後
A. 泥炭土	5.62	5.72	2.74	1.80
B. 椰纖	6.54	5.99	0.38	1.53
C. 泥炭土：椰纖	6.63	6.10	0.81	1.57
D. 泥炭土：菇肥	6.01	5.51	2.60	3.02
E. 椰纖：菇肥	6.54	5.66	2.16	1.68
F. 泥炭土：稻殼：炭化稻殼	6.38	6.11	1.93	1.74
G. 泥炭土：稻殼：菇肥	6.33	5.73	2.31	2.47
H. 泥炭土：椰纖：菇肥	6.22	5.84	1.24	2.44

註：菇肥為菇類廢棄物堆肥之簡稱

表 11. 不同栽培介質對青蔥生育園藝特性之影響（2014 秋作）

介質種類	分蘗數 (支)	單叢重 (g)	株高 (cm)	蔥白長 (cm)	蔥白寬 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉數 (片)
A.泥炭土	7.6	355.5	75.3	16.8	1.33	58.5	1.8	62
B.椰纖	6.5	335.5	73.4	16.8	1.31	56.4	1.9	53
C.泥炭土：椰纖	6.6	315.8	74.3	17.3	1.27	56.8	1.7	56
D.泥炭土：菇肥	6.3	328.6	73.3	16.5	1.33	56.8	1.8	58
E.椰纖：菇肥	6.4	313.9	72.1	16.8	1.28	56.2	1.8	55
F.泥炭土：稻殼：炭化稻殼	6.1	219.9	69.8	16.1	1.20	53.4	1.7	43
G.泥炭土：稻殼：菇肥	6.2	266.4	73.0	16.2	1.32	56.2	1.8	51
H.泥炭土：椰纖：菇肥	7.1	333.9	76.3	16.7	1.34	57.6	1.8	60

註：2014.10.17 定植，2015.01.21 調查。
菇肥為菇類廢棄物堆肥之簡稱

表 12.青蔥在不同立體栽培方式之生長情形

栽培方式	株高 (cm)	單叢重（g）	分蘗數 (No.)	蔥白長 (cm)	蔥白寬 (mm)	單位面積產量 (g/m^2)
A 型立體架	52.7 a	33.9 b	2.3 a	12.1 a	7.6 ab	989.5 b
B 型立體架	51.9 a	35.2 b	2.3 a	11.9 a	6.6 b	1231.5 a
塑膠容器	49.2 a	31.2 b	1.8 a	11.5 a	6.5 b	546.1 c
槽植耕	29.8 b	59.0 a	2.4 a	12.3 a	9.8 a	1032.7 ab

註：2014.7.20 定植，2014.10.21 調查。

表 13.青蔥在 A 型與 B 型立體架栽培之各層生長情形

	層架	株高 (cm)	單叢重（g）	分蘗數 (No.)	蔥白長 (cm)	蔥白寬 (mm)
A 型立體架	上層	53.2 a	43.4 a	2.8 a	11.4 bc	8.1 a
	中層	52.1 a	27.4 a	2.0 a	11.8 abc	7.0 a
	下層	53.1 a	34.4 a	2.3 a	12.7 a	7.6 a
B 型立體架	上層	49.7 a	41.2 a	2.4 a	11.2 c	6.0 a
	中層	52.4 a	36.8 a	1.9 a	11.9 abc	7.2 a
	下層	52.8 a	31.4 a	2.5 a	12.3 ab	7.4 a

註：2014.7.20 定植，2014.10.21 調查。

設施苦瓜栽培技術之研究

張勝智、薛佑光、郭宏遠、邱燕欣
種苗改良繁殖場

一、摘要

近年氣候變化劇烈已成常態，造成生產困難，因此為維持瓜果類蔬菜品質及產量，我國苦瓜生產逐漸朝設施生產演進，然而設施生產雖可提高果實品質，但設施與露天栽培環境差異、設施內缺乏授粉昆蟲、土壤病害如萎凋病等，危害更為嚴重，成為設施栽培苦瓜生產面臨重大挑戰。本研究為改善多種設施苦瓜栽培問題，分別以設施苦瓜栽培生產、蜜蜂授粉技術、苦瓜抗病根砧應用及抗萎凋病有益微生物進行篩選等，提供多樣化解決方案與改善方法之研究。在苦瓜生物防治方面，苦瓜萎凋病拮抗微生物 B-6、B-7、B-8 有較佳的拮抗抑制效果，完成 3 株拮抗微生物 B-6、B-7、B-8 之 16S rDNA 與 GyrB 基因定序並於 NCBI 網站比對，並確認為 Bacillus amyloliquefaciens。接續以溫室防治試驗結果得知，先澆灌再接種萎凋病(FO33)，接種對照組 87%的發病率，處理組 B-7 在接種 35 天後發病率維持在 50%，說明施用拮抗微生物 B-7 具一定效果。在蜜蜂授粉技術與降溫試驗方面，在夏季高溫試驗期間(6/14-7/13)，露天環境下，蜂箱重量逐漸增加(由 1,920 公克增加至 2,060 公克)；而設施內之蜂箱重量呈現下降趨勢(由 2,005 公克下降至 1,840 公克)，蜂群活力亦逐漸下降。在設施內，蜂箱未降溫處理之條件下，六月份下午 13:00-17:00 間均有蜜蜂在巢前搧風降溫，以 13:00-15:00 間數量較多(55-65 隻/小時)，顯示蜂群本身具調節溫度能力，但蜂群活力會持續降低。以本場篩選出之三個南瓜品系(962607a、砧 4 及砧 14)之嫁接苗進行授粉試驗，人工授粉者除在果肩寬及果肉厚顯著大於蜜蜂授粉者外，其餘均無顯著差異，表示此蜜蜂授粉具可行性。在苦瓜用根砧嫁接親和性試驗方面，在不同南瓜根砧(砧 962607a、砧 4 及砧 14)結果得知，雖於雌雄花開花日數與主蔓 35 節內雌雄花數互有些許差異，但仍不顯著。在不同絲瓜根砧(砧絲 111、絲 157、砧絲 162、農友雙依與自根苗)，自根苗不論在第 1 朵雌雄花開花日與節位、主蔓 35 節之雌花數，均優於嫁接苗，推測可能因嫁接苗生育初期受嫁接傷口癒合影響以及自根苗不需經養生馴化過程，因此造成花期有所延遲。在果實表現方面，3 種絲瓜砧及 3 種南瓜根砧，果實表現均與 CK(農友雙依)及自根苗無顯著差異，說明果實品質不因本次使用之根砧有差異。試驗結果得知，不同根砧，對於果實品質與花期影響不明顯，但因試驗田區均有苦瓜萎凋病的發生，造成生育中後期，自根苗萎凋嚴重，造成中後期果實品質不佳與產量急遽降低，但嫁接苗除因親和性不佳死亡之部分植株外，其餘均無受到影響，並可持續採收，說明本次試驗之根砧於設施應用，仍極有高價值，尤其對於苦瓜採收期延長與苦瓜萎凋病之改善，效果更佳。

關鍵字：苦瓜、根砧、蜜蜂、設施

二、前言

國人生活水準提高，對於蔬果品質需求亦逐年提高，葫蘆科(Cucurbitaceae)蔬菜為台灣重要的夏季蔬果，其中苦瓜(Momordicacharantia L.)更為常見蔬食，屬一年生蔓性草本植物的異交作物 (Behera et al.,2010)。傳統栽培方式以露地生產為主，但常易受病蟲害與環境因素影響，造成農民收益不穩定，因此發展設施蔬果生產即為一種重要的生產模式。

因市場對高品質蔬果需求，農民為改善果實品質等問題，逐漸應用網栽培生產，不但可有效減少瓜實蠅危害(林等，2008)與降雨造成授粉不良及果實品質不佳等問題，在蔬果品質的提升，取得相當的成效。因此農業栽培環境的控制、病蟲害的防治以及消費者對於農產品品質要求的提升，於設施內進行高品質與高單價農作物生產已是當前農業發展之趨勢，然而因設施隔離與化學藥劑使用，環境內昆蟲相趨於簡單化，幾無害蟲存在。因此，利用蜜蜂等授粉昆蟲於設施內協助果菜類作物授粉生產果實，以提升產品品質及安全性確有需求。設施內的微氣候環境明顯與外界不同，因此作物的生育、開花，以及蜜蜂等昆蟲的訪花行為也會受到影響，高溫下常造成蜂群活力的衰弱，因而影響授粉效率。所以維持設施內蜂群活力，以延長其授粉效益及重複利用便為設施生產影響因子。

經多年設施生產後，因缺乏與水田輪作，難以降低田區有害微生物密度，反而導致土壤病害發生嚴重，其中苦瓜萎凋病(*Fusarium oxysporum*f.sp.*momordicae*)危害最鉅，不經由種子傳播，以厚膜孢子存活於土壤中。當種子發芽後，由根尖侵入，不危害幼苗，直到苦瓜定植 30～50 天後，即見下位葉開始往上顯現葉片黃化。常發生於高溫高濕環境，最適發病溫度為 25～30℃。中部地區主要發病期間為大約四月底至五月初，當苦瓜在田間定植30～50天之後，即自下位葉開始往上顯現葉脈透化，葉片黃化與壞疽；初期可見半側枝蔓萎凋，後期則全株枯死，罹病株之根、莖部維管束褐化、壞死，且葉片有葉脈透化和壞疽現象，經常造成植株大量死亡，使農民損失嚴重，更造成市場價格波動，影響民生需求，為改善此種問題，學者研究指出，因尖鐮胞萎凋病對其寄主具有專一性與瓜類作物具嫁接親和性之特性(林與蘇，2008)，因此發展出應用嫁接技術克服此類問題，但嫁接的根砧作物絲瓜在連作下，也可能面臨針對絲瓜感染之絲瓜萎凋病菌(Fusarium oxysporum f. sp. Luffae)的發生，因此，本年計畫嘗試藉由根砧篩選，評估與苦瓜接穗具優良親和性之絲瓜與南瓜根砧，並篩選耐病性佳之絲瓜根砧。在土壤病害如萎凋病之改善方面，篩選萎凋病之拮抗微生物，評估生物防治之應用價值，並配合設施蜜蜂授粉行為研究，以期提升設施苦瓜之品質與產量，並建立優質苦瓜設施栽培與生產模式。

三、材料與方法

3.1 設施蜂箱降溫對蜂群活力及授粉之影響

1.露天無降溫處理對蜂箱內溫濕度及蜂群活力之影響：

試驗時將蜂箱置於戶外，蜂箱內含 4 片巢脾工蜂之西洋蜜蜂。以 HOBO 溫濕度紀錄器記錄周圍環境及巢內溫濕度變化，以 AND GP-60k 磅秤記錄蜂箱重量變化，自上午 04：00 至下午 19：00 止，以昆蟲自動計數器記錄每小時蜜蜂離返巢數量，並以設施內對照，以瞭解蜂群活力之變化。

2.不同環境溫度下對蜜蜂熱調節行為之影響：

試驗於不同月份(6 及 8 月)在苦瓜設施內進行，蜂箱原置於戶外環境，溫度約在 20-25℃之間。於試驗進行前一週，將蜂箱移至試驗設施內，使蜂群適應設施內環境。試驗期間記錄設施內及蜂箱內之溫濕度變化，及巢口降溫工蜂之數量。

3.蜂箱降溫措施對蜂群活力及授粉效益之研究：

試驗於設施內高溫月份(6 月)進行，將蜂箱於試驗前一週先移入苦瓜栽培設施內馴化。試驗時採蜂箱降溫處理，試驗處理分無降溫處理組及兩個降溫處理組，試驗期間記錄溫濕度，選擇紀錄巢內內側巢片溫度、蜜蜂離返巢數量、蜂箱重量及苦瓜果實生育，以評估降溫效益。參試苦瓜品種為本場選育之雜交組合 103H05、根砧品系為本場自行篩選之耐萎凋病南瓜根砧：砧 962607a、砧 4 及砧 14。於設施內分別栽培雜交組合 103H05 苦瓜之三種根砧嫁接苗各 30 株，共 3 重複，每重複 10 株，授粉 2 週，於果實具商品價值時採收，調查果實性狀。

3.2 絲瓜及南瓜根砧評估與接穗苦瓜之親和性測定

1.絲瓜根砧抗苦瓜萎凋病能力評估與篩選

進行絲瓜根砧品系各 20 個已萎凋並進行接種試驗。將根砧用之瓜類種子置床後 3-4 週大植株，以剪根接種，以苦瓜萎凋病孢子懸浮液(10^5cfu/ml)浸泡 10-20 分鐘後，移植於 3 吋盆中，每一品種 5 重複，每重複 3 株，紀錄植株發病情形。發病級數(林與蘇，2001)調查則將發病等級分成 3 級：0＝健康植株；1＝植株矮化、葉片伸展不開、或少於 1/2 葉片黃化萎凋；2＝大於 1/2 葉片黃化萎凋；3＝莖部表面出現褐化病徵繼之植株死亡，再依公式「發病度% =Σ(發病級數×該級數發病株數)／(3×總調查株數)×１００%」計算。

2.絲瓜及南瓜根砧與接穗苦瓜之親和性測定

選取具優良生長勢及耐病性的絲瓜及南瓜品系作為根砧，配合本場選育之優良苦瓜雜交組合，進行穗砧試驗，篩選 103 年經萎凋病接種試驗具優良抗耐病性與生長勢的 4 個(絲瓜及南瓜)根砧，進行不同嫁接，採 RCBD，每個嫁接(處理)進行 3 重複，每個重複 10 株，並於完成嫁接後進行調查，評估各根砧與接穗親和性。試驗結果以 IBM SPSS Statistics 22 進行 ANOVA 統計分析。

3.3 苦瓜萎凋病生物防治試驗

1.苦瓜萎凋病病原分離與病原性測試

自本場苦瓜試驗田採回黃化萎凋植株，切取褐化維管束置於 Nash-PCN 培養基，待長出分生胞子後，以單胞移殖於 PDA 斜面培養基上純化保存，菌株代碼為 F033。試驗時將 PDA 斜面培養基培養七天之病原菌洗下，製成病原菌胞子懸

浮液，將苦瓜(月珍)催芽後接種，另以無接種病原菌者為對照處理，測定其病原性。

2.拮抗微生物的篩選與有益微生物量產試驗

以對峙培養的方法初篩拮抗微生物，於28℃恆溫培養箱中對峙培養五天後，量取抑制圈(inhibition zone) 大小及病原菌生長直徑，觀察萎凋菌絲生長受抑制之情形。篩選出之拮抗菌以20ml PDB純化培養5株拮抗微生物(A-01、B-02、C-03、D-04、E-05)菌液，培養7日後，定量為總菌量為 10^8 cfu/ml。

3. 16S rRNA與gyrB區間核酸增量回收解序與比對

利用電泳分析增殖後之DNA產物後，以核酸自動定序儀進行核苷酸定序。以NCBI之BLAST之程式進行線上基因庫（GenBank）之查詢與比對。

4.溫室防治試驗

先澆灌再接種萎凋病，自苦瓜月珍幼苗出土後第2天起以5株拮抗微生物菌液(10^8cfu/ml)澆灌，每週1次，每株澆灌5ml，每1菌株處理10株，以不澆灌為對照。3-4週大植株，以剪根接種法，接種苦瓜萎凋病F033。接種後持續每週澆灌一次拮抗微生物菌液。每週紀錄植株發病情形。

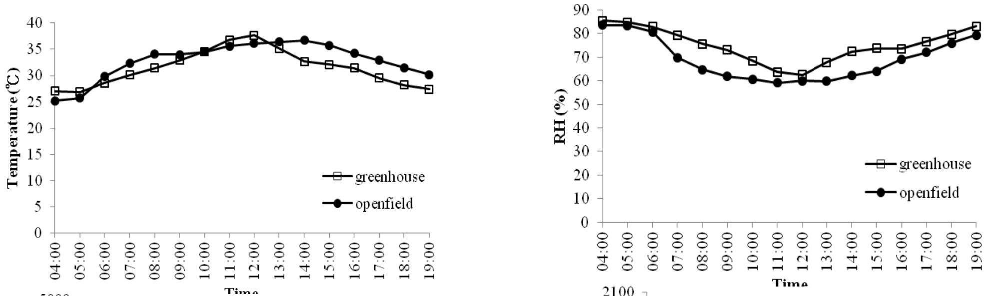
四、結果與討論

4.1 設施蜂箱降溫對蜂群活力及授粉之影響

1.露天無降溫處理對蜂箱內溫濕度及蜂群活力之影響：

置於露天之蜂箱內溫濕度變化、蜜蜂離返巢數量及蜂群活力之變化，與苦瓜設施內呈現顯著之差異。從溫度之變化觀之，露天之蜂箱內從04:00之25.2℃逐漸上升，至14:00達到最高溫(36.7℃)；而設施內之蜂箱溫度則從04:00之27℃逐漸上升，至12:00達最高溫(37.7℃)，接著逐漸降溫(圖 1)，從濕度之變化觀之，露天之蜂箱內從4:00之83.5%逐漸下降，之後再逐漸上升至19:00的79.4%；而設施內之蜂箱濕度則從04:00之85.5%逐漸下降，至12:00達最低濕(62.5%)，接著逐漸上升(圖 2)，由此可知，露天與設施內蜂箱溫濕度變化趨勢近似，但下午時露天蜂箱之溫度略高於設施內，推測露天下蜂箱內濕度散失快，也可能與苦瓜生長需水量大，因此灌溉頻率高，設施內濕度較高有關。露天環境下，蜜蜂飛行不受阻，且花粉或蜜源植物充足，蜜蜂離巢頻率高，一天當中，天亮後，蜂群大量離巢採集，隨著時間漸增，離巢數量增加，並在11:00出現一個離巢高蜂(4,761隻/小時)，之後在逐漸下降；而在設施內，則有兩次蜜蜂離巢高蜂，分別在06:00(3,265隻/小時)及15:00(2,949隻/小時)(圖 3)，上午高峰與蜜蜂離巢採集有關，下午因苦瓜花朵已凋謝，故此時之離巢高峰推測與例行外出訪花或停棲於葉片陰涼處有關。在試驗期間，露天環境下之蜂箱重量增加(由1,920公克至2,060公克)，而設施內之蜂箱重量則下降(由2,005公克下降至1,840公克)(圖 4)，推估與蜂箱

內儲糧、蜂群數量增減有關，在一個月內，露天下之蜂群增長，且維持活力旺盛，而設施內蜂箱減輕，蜂群活力下降，離返巢與訪花之蜂群數量亦隨之減少(資料未顯示)。由此可知，在無蜂箱降溫或食物不充足之條件下，若於設施苦瓜花期，短暫密集以蜜蜂進行授粉，除節省授粉人力、過度著果之疏果人力，同時蜂群活力較不受影響，並於授粉後將蜂箱移至室外之方式，可維持蜂群活力，同時配合花期及採果期，數次移入設施內授粉，應值得嘗試。



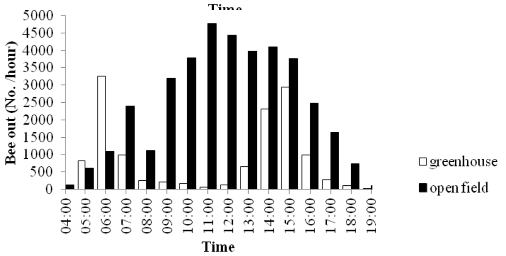


Fig. 3.The difference of bee out numeber of bee hive between openfield and greenhouse.

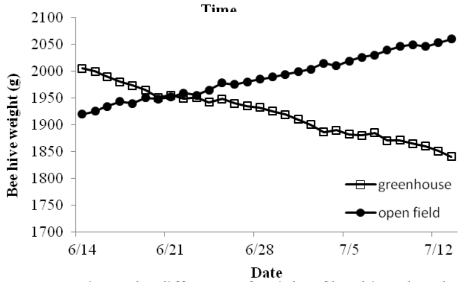


Fig. 4.The difference of weight of bee hive placed in the greenhouse and openfield.

2.不同環境溫度下對蜜蜂熱調節行為之影響

在六月與八月期間，苦瓜設施內的溫濕度變化、蜜蜂離巢情形及蜂箱口降溫情形不同。今(104)年六月的溫度普遍高於八月溫度，主要原因為八月份遇蘇迪勒颱風侵襲及連續降雨，故在 6/9-6/19 與 8/9-8/19 的溫濕度記錄可知(圖 5、6)，八月的濕度亦普遍高於六月。從蜜蜂離巢之記錄可知，設施內蜜蜂離巢約有兩個高峰，一為上午 6:00 左右，另一為下午 14:00-15:00 左右(圖 7)。六月份蜜蜂離巢數普遍高於八月份，推測與六月份多晴天高溫，蜜蜂離巢頻率正常，而八月份因連日陰雨，濕度高，開花數少，蜜蜂離巢相對較少，晴天與陰雨天差異明顯。另，因為六月溫度普遍偏高，故蜂箱內溫度至下午時已偏高，為維持蜂箱內適當溫度，可觀察蜜蜂於巢口前平台搧風降溫(圖 8)，以六月份，下午 13:00-17:00 間均有蜜蜂在巢前搧風，在 13:00-15:00 間數量較多(55-65 隻/小時)，隨後逐漸減少，至 17:00 為 5 隻/小時，18:00 即不見蜜蜂搧風降溫。八月份，則僅在下午 13:00-14:00 可見少量蜜蜂在巢前搧風(分別為 12 隻/小時及 3 隻/小時)。由此推測，蜜蜂在設施內不同月份下，因環境溫濕度不同，具有自身調節蜂箱溫度與濕度之能力，然而，當過度劇烈之溫濕度變化，應會影響蜂群活力。

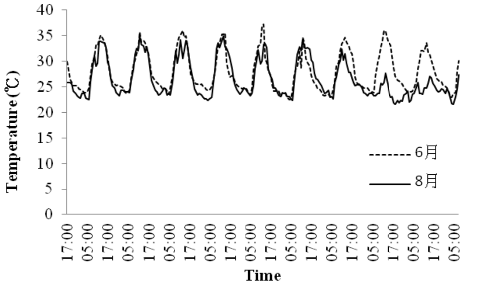


Fig. 5.Changes of temperature in the bitter gourd greenhouse during 6/9-6/19 and 8/9-8/19.

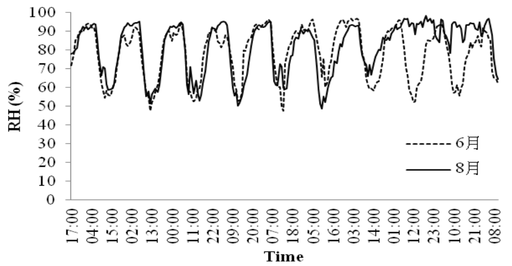


Fig. 6. Changes of temperature in the bitter gourd greenhouse during 6/9-6/19 and 8/9-8/19.

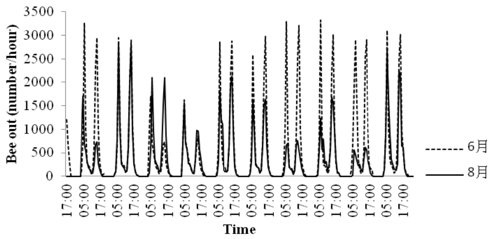


Fig. 7. Bee traffic number in the bitter gourd greenhouse during 6/9-6/19 and 8/9-8/19.

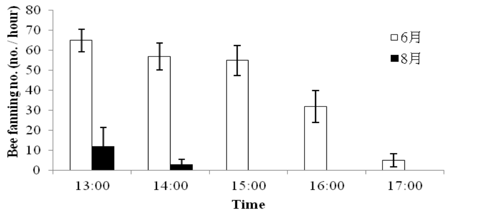


Fig. 8. Bee fanning number in front of the entrance of the hive on June and August.

3.蜂箱降溫措施對蜂群活力及授粉效益之研究:

試驗於設施內高溫月份(6 月)進行，將蜂箱於試驗前一週先移入苦瓜栽培設施內馴化，蜂箱內含 4 片巢脾工蜂之西洋蜜蜂，試驗時採蜂箱降溫處理 I 及 II，授粉試驗為期二週，蜂箱內溫度變化(圖 9)及蜜蜂離巢(圖 10)正常，在短時間內，蜂群活力下降不大，於授粉完畢後，即將蜂巢搬移至溫室外。蜜蜂苦瓜授粉處理中，以三個南瓜根砧嫁接 103H05 雜交一代新品系，結果得知(表 7)，根砧 962607a、砧 4 及砧 14 嫁接苗所採收之果長在 28.1-30.0cm 之間，果寬在 9.6-9.8cm 之間，果實圓周在 31.6-32.3cm 之間，果肉厚在 13.8-14.0mm 之間，果肩寬在 5.3-5.9cm 之間，果重在 653.6-725.6g 之間，單果種子在 24.1-29.1 粒之間，各砧木對相同接穗 103H05 之果實性狀無顯著影響。由試驗結果得知，在降溫及短時間授粉下，溫室內蜂群損失不多，且達到省工授粉之效果，本試驗所採用之本場篩選出之三個南瓜品系，對萎凋病具抗耐性，所以除少數植株死亡外，其餘均能正常著果，且彼此間無顯著差異。人工授粉者除在果肩寬及果肉厚顯著大於蜜蜂授粉者外(表 8)，其餘均無顯著差異，表示此法具有相當之效果。

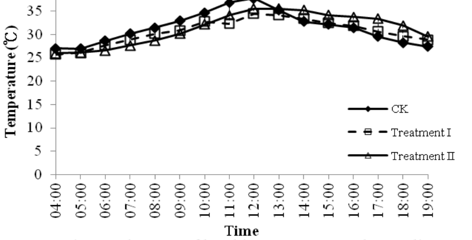


Fig. 9. Changes of bee hive temperature by cooling treatment during one day.

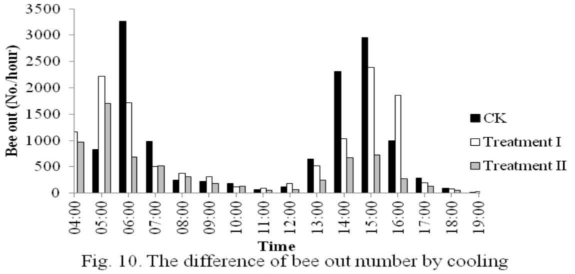


Fig. 10. The difference of bee out number by cooling treatment one day.

4.2 絲瓜及南瓜根砧評估與接穗苦瓜之親和性測定

本年試驗中，以去年度經剪根接種法苦瓜萎凋病汰選出具有優良抗性的絲瓜品系(絲 111、絲 157、絲 162)及優良生長勢之南瓜品系(962607a、砧 4 與砧 14)為材料進行親和性試驗。因試驗材料準備時間與栽培需求，南瓜嫁接苗與絲瓜嫁接苗親和性試驗則於分批次於不同月份進行定植，南瓜嫁接苗於 104 年 4 月 4 日完成定植，絲瓜則於 104 年 9 月 3 日完成定植，並於定植後進行親和性與生育特性調查。

1.南瓜根砧與苦瓜接穗之嫁接苗親和性評估

在比較 3 種不同南瓜嫁接苗生育中期存活率得知，以 962607a 嫁接存活率最高，可達 90%(表 1)，砧 4 與砧 14 則較低，而自根苗到生育中期則已經陸續罹患萎凋病全部死亡。此外，在生育期間，調查主蔓雌雄花第 1 朵開花日與節位(表 2)，結果得知，在雌雄花開花日與雄花開花節位，不同根砧之嫁接苗，彼此差異不顯著。苦瓜授粉處理中，以三個南瓜根砧嫁接 103H05 雜交組合，結果得知(表 3)，根砧 962607a、砧 4 及砧 14 嫁接苗所採收之果長在 27.8-29.1cm 之間，果寬在 10.0-10.2cm 之間,果實圓周在 30.5-31.1cm 之間,果肉厚在 13.8-14.0mm 之間，果肩寬在 5.3-5.7cm 之間，果重在 749.4-755.5g 之間，單果種子在 30.2-30.6 粒之間，各砧木對相同接穗 103H05 之果實性狀無顯著影響。

2.絲瓜根砧與苦瓜接穗之嫁接苗親和性評估

在比較 3 種不同絲瓜嫁接苗生育中期存活率得知，3 種不同絲瓜砧存活率均達 80%以上，其中又以砧絲 111 嫁接苗存活率最高，達 97%(表 4)。在生育期間花性調查方面，結果可得知，自根苗不論在第 1 朵雌雄花開花日與節位、主蔓 35 節之雌花數，均優於嫁接苗，推測可能因嫁接苗生育初期受嫁接傷口癒合影響，造成花期延遲。苦瓜授粉處理中，以三個絲瓜根砧嫁接 103H05 雜交組合，結果得知(表 6)，砧絲 111、砧絲 157 及砧絲 162 採收之鮮果果長在 24.08-27cm，果寬於 100.46-109.23cm，果實圓周長介於 31.46-33.62cm，果肉厚度在 15.69-16.23mm 之間，果肩寬於 6.23-7.23cm，果重為 614.54-755.08g，單果種子粒數介於 27.85-32 粒，各砧木對相同接穗 103H05 之果實性狀無顯著影響，且均對照(農友雙依)及自根苗之果實表現差異不顯著，說明本次 3 個入選根砧對於接穗影響，均與市售根砧及無嫁接之自根苗表現相近。

表 1、設施苦瓜不同南瓜根砧嫁接苗生育中期存活率

根砧代號	種植株數	定植後存活株數	存活率
962607a	30	27	90%
砧-14	30	18	60%
砧-4	30	22	73%
自根苗	30	0	0%

表 2、設施苦瓜不同南瓜根砧對嫁接苗花期之影響

根砧代號	主蔓第 1 朵雌花節位	主蔓第 1 朵雌花開花日	主蔓第 1 朵雄花節位	主蔓第 1 朵雄花開花日	主蔓 35 節內雌花數
962607a	21.70	37.22	16.52	38.07	2.19
砧-14	21.39	37.89	14.22	36.89	2.83
砧-4	22.91	38.59	16.95	38.64	3.41

表 3、設施苦瓜不同南瓜根砧嫁接苗果實生育之影響

根砧代號	果長 (cm)	果寬 (cm)	果實圓周 (cm)	果肩寬 (cm)	果重 (g)	果肉厚 (mm)	單果種子數
962607a	27.8±1.5	10.0±0.1	31.6±0.7	6.4±0.4	711.2±62.5	14.0±0.4	30.4±1.5
砧 4	28.0±0.8	10.2±0.2	32.3±0.6	6.8±0.2	749.4±38.8	14.6±0.3	30.2±1.2
砧 14	29.1±0.6	10.1±0.1	32.1±0.3	6.2±0.2	755.5±38.2	13.8±0.6	30.6±1.2

表 4、設施苦瓜不同絲瓜根砧嫁接苗生育中期存活率

根砧代號	種植株數	定植後存活株數	存活率
砧絲-111	30	29	97%
砧絲-157	30	24	80%
砧絲-162	30	28	93%
CK(雙依)	30	26	87%
自根苗	30	20	67%

表 5、設施苦瓜不同絲瓜根砧對嫁接苗花期之影響

根砧代號	主蔓第 1 朵雌花節位	第 1 朵雌花開花日	主蔓第 1 朵雄花節位	第 1 朵雄花開花日	主蔓 35 節內雌花數
砧絲 111	35.11	45.39	18.39	33.57	0.54
砧絲 157	34.42	42.08	18.13	32.75	0.75
砧絲 162	38.89	42.96	20.00	33.29	0.43
CK(雙依)	38.88	42.47	19.47	31.12	0.47
自根苗	27.58	30.96	16.08	27.38	1.04

表 6、設施苦瓜不同絲瓜根砧嫁接苗果實生育之影響

根砧 代號	果長 (cm)	果寬 (cm)	果重 (g)	果實圓周 (cm)	果肩寬 (cm)	果肉厚 (mm)	單果 種子數
砧絲 111	24.08±1.9	10.0±1.0	614.54±139.8	31.46±2.6	6.62±1.1	15.77±2.6	30.54±7.6
砧絲 157	24.77±2.4	10.0±1.5	646.62±158.0	31.92±3.4	6.23±1.0	15.69±2.6	27.85±5.4
砧絲 162	27.00±2.7	10.9±0.8	755.08±81.4	33.62±2.2	7.23±0.7	16.23±2.3	32.00±8.9
CK(雙依)	25.62±2.0	10.6±0.8	723.15±82.7	33.23±2.9	6.92±0.9	16.54±2.2	32.08±6.5
自根苗	25.69±1.9	10.4±0.9	711.85±131.8	32.31±2.2	7.23±1.0	14.54±1.8	34.08±7.4

表 7、蜜蜂授粉對設施苦瓜不同南瓜根砧嫁接苗果實生育之影響

根砧 代號	果長(cm)	果寬 (cm)	果實圓周 (cm)	果肩寬 (cm)	果重 (g)	果肉厚 (mm)	單果 種子數
962607a	30.0±0.3	9.8±0.1	31.1±0.4	5.9±0.1	725.6±50.0	12.5±0.0	29.1±0.7
砧 4	28.1±0.3	9.6±0.2	30.5±0.6	5.7±0.4	655.9±40.3	12.8±0.5	27.5±1.7
砧 14	28.7±0.8	9.8±0.0	30.5±0.3	5.3±0.1	653.6±31.4	12.3±0.4	24.1±0.3

表 8、人工與蜜蜂授粉對設施苦瓜不同南瓜根砧嫁接苗果實生育之影響

授粉 方式	果長 (cm)	果寬(cm)	果實圓周 (cm)	果肩寬 (cm)	果重 (g)	果肉厚 (mm)	單果 種子數
人工	28.3±0.6	100.6±0.9	32.0±0.3	6.5±0.2*	738.7±24.9	14.1±0.3*	30.4±0.7
蜜蜂	29.0±0.4	97.4±0.8	30.7±0.2	5.7±0.2	678.4±18.9	12.5±0.2	26.9±0.9

4.3 苦瓜萎凋病生物防治試驗

苦瓜萎凋病病原分離與病原性測試以 FO33 致病率最高產孢較為穩定(圖 11)。在拮抗微生物篩選方面，以田間取土進行對峙培養的方法初篩拮抗微生物，於 28℃恆溫培養箱中對峙培養五天後，量取抑制圈(inhibition zone) 大小及病原菌生長直徑，評估萎凋菌絲生長受抑制之情形，篩選出拮抗微生物 B-6、B-7、B-8 有較佳的拮抗抑制效果(圖 12)。經由 16s rDNA 與細菌 DNA 解旋(DNAgyrase)亞單位的基因(gyrB 基因)之序列解序與 NCBI BLAST 比對，完成 3 株拮抗微生物 B-6、B-7、B-8 之 16S rDNA 與 GyrB 基因定序並於 NCBI 網站比對，並確認為 *Bacillus amyloliquefaciens*。後續以 20mlPDB 純化培養于 250ml 凹槽三角燒瓶供試之 5 株拮抗微生物(B-5、B-6、B-7、B-8、B-10)菌液，以 28 培養 7 日後，定量為總菌量為 10^8cfu/ml。經改善接種源濃度，改善有益微生物量產流程可使以 28 培養 7 日後，定量為總菌量增加為 10^9cfu/ml。利用先澆灌再接種萎凋病(FO33)試驗(圖 13)，接種對照組 87%的發病率，處理組 B-7 在接種 35 天後發病率減少至 50%。

圖11、苦瓜萎凋病菌表現

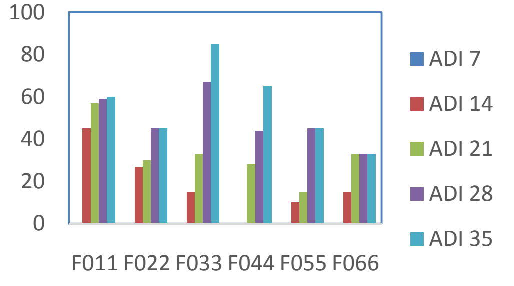


圖12、苦瓜萎凋病F033培養基對峙拮抗試驗

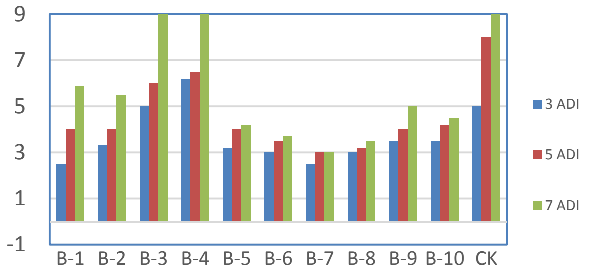
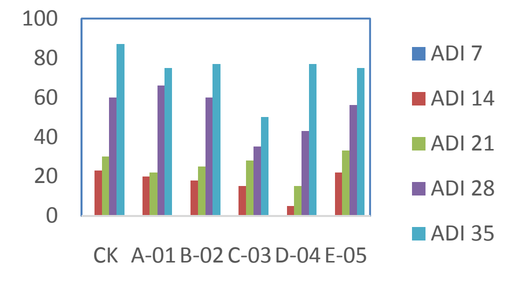


圖13、先澆灌再接種萎凋病(F033)



五、結論

氣候變遷已是近年栽培經常發生的常態，設施栽培為當前減少因環境變異造成果實品質及產量減損的重要方法，但因設施栽培雖可有效維持果品與產量，但因設施環境上的差別，長年栽培所遇到的土壤病害的問題，設施內授粉昆蟲應用等均為後續衍生所需面對的課題。本計畫藉由設施蜜蜂試驗、耐病根砧篩選、土壤拮抗菌應用等，多方面進行改善，以期減少設施栽培困難。在設施蜂箱降溫技術結果得知，在夏季高溫試驗期間(6/14-7/13)，露天環境下，蜂箱重量逐漸增加(由 1,920 公克增加至 2,060 公克)；而設施內之蜂箱重量呈現下降趨勢(由 2,005 公克下降至 1,840 公克)，蜂群活力亦逐漸下降。在設施內，蜂箱未降溫處理之條件下，六月份下午 13:00-17:00 間均有蜜蜂在巢前搧風降溫，以 13:00-15:00 間數量較多(55-65 隻/小時)，顯示蜂群本身具調節溫度能力，但蜂群活力會持續降低。再以降溫(處理 I 及 II)及短時間授粉下，設施內蜂群損失減少。在苦瓜生物防治結果方面，本計畫先進行苦瓜萎凋病病原分離與接種原製備，苦瓜萎凋病病原分離與病原性測試以 FO33 致病率最高產孢較為穩定。拮抗微生物的篩選，以拮抗微生物 B-6、B-7、B-8 有較佳的拮抗抑制效果。經改善接種源濃度，改善量產流程可使以 28 培養 7 日，定量為總菌量提高為 10^9cfu/ml。經由序列解序與 NCBI BLAST 比對，完成 3 株拮抗微生物 B-6、B-7、B - 8 之比對，並確認為 Bacillus amyloliquefaciens。利用防治試驗，先澆灌再接種萎凋病(FO33)，接種對照組 87%的發病率，處理組 B-7 在接種 35 天後發病率

降至 50%。在嫁接親和性試驗方面，因絲瓜砧嫁接苗與南瓜砧嫁接苗，絲瓜嫁接苗存活率均高於南瓜嫁接苗，此結果與邱等(2010)相同，說明在嫁接苗傷口愈和情形，絲瓜優於南瓜根砧。在果實與花性調查，因不同種類根砧之嫁接苗定植日期差距大，且苦瓜果實生育易受日照與氣溫影響，故無法比較兩種不同根砧差異，但仍可分別比較不同南瓜砧或絲瓜砧差異。在不同南瓜根砧(砧 962607a、砧 4 及砧 14)結果得知，雖於雌雄花開花日數與主蔓 35 節內雌雄花數互有些許差異，但仍不顯著。在不同絲瓜根砧(砧絲 111、絲 157、砧絲 162、農友雙依與自根苗)，自根苗不論在第 1 朵雌雄花開花日與節位、主蔓 35 節之雌花數，均優於嫁接苗，推測可能因嫁接苗生育初期受嫁接傷口癒合影響以及自根苗不需經養生馴化過程，因此造成花期有所延遲。在果實表現方面，3 種絲瓜砧(砧絲 111、絲 157 及砧絲 162)及 3 種南瓜根砧(砧 962607a、砧 4 及砧 14)，果實表現均與 CK(農友雙依)及自根苗無顯著差異，說明果實品質不因本次使用之根砧有差異。綜合本試驗結果得知，設施內蜜蜂授粉具有相當可行性，並可有效減少人力消耗，適度的調節溫度可延長蜂群活力。不同根砧，對於果實品質與花期影響不明顯，但因試驗田區均有苦瓜萎凋病的發生，造成生育中後期，自根苗萎凋嚴重，造成中後期果實品質不佳與產量急遽降低，但嫁接苗除因親和性不佳死亡之部分植株外，其餘均無受到影響，並可持續採收，說明本次試驗之根砧於設施應用，仍極有高價值，尤其對於苦瓜採收期延長與苦瓜萎凋病之改善，效果更佳，亦或利用初步篩選之拮抗微生物 B-7，可減少土壤病害的危害，提供多種改善方法之選擇。

六、參考文獻

1. 王俊良、龍啟炎、徐翠容。2013。苦瓜嫁接栽培關鍵技術。上海蔬菜 5: 39-40。
2. 朱進。2012。絲瓜作砧木嫁接對苦瓜生長、產量和品質的影響。湖北農業科學 51 (21) : 4813-4814。
3. 朱耀沂、葉瑩、蕭文鳳、陳系男。1995。瓜類作物保護技術研討會專刊國立嘉義農專植物保護科編印。台灣嘉義。
4. 李伯年。1982。葫蘆科蔬菜。蔬菜育種與採種。
5. 杜金池、張義璋。1992。作物抗病品種之培育。病蟲害非農藥防治技術研討會專刊。pp.233-250。台中霧峰。
6. 杜金池、蕭吉雄、楊偉正。1990。園藝作物育種講習會專刊。台灣省農業試驗所專刊第 31 號。
7. 林益昇。1997。苦瓜嫁接絲瓜砧之方法與病害管理。健康清潔植物培育研習會研討會專刊。pp.99-105。嘉義。
8. 林益昇、宋曉清、黃家興。1992。利用絲瓜抗病根砧防治苦瓜萎凋病。病蟲害非農藥防治技術研討會專刊 pp.251-258。
9. 林益昇、黃家興、宋曉清。1998。苦瓜—絲瓜嫁接株對苦瓜萎凋病之抵抗性及其

產量。植保會刊 40(2)：121-132。

10. 林益昇、蘇俊峯。2008。利用栽培技術防治瓜類作物土壤傳播病害。節能減碳與作物病害管理研討會。p175-191。
11. 李緒友、湯守世、張章松。2014。苦瓜劈接嫁接夾固定嫁接技術。現代農業科技 2: 135-138。
12. 高清文。1989。作物病害非農藥防治法。有機農業研討會專刊。pp.135-140。台中。
13. 戴順發、張武男。1997。蔬菜嫁接之研究與發展。科學農業 45（9,10）：266-274。
14. 李雅惠。2002。拮抗性桿菌屬(Bacillus spp.)之分離、培養與抗生活性之改進以及病害防治之應用。國立中興大學植物病理學系碩士論文。 79 頁。
15. 邱燕欣。2004。拮抗性枯草桿菌 Bacillus subtilis.WG-16 菌株於柑橘潰瘍病防治應用。國立中興大學植物病理學系碩士論文。92 頁。
16. Aizen, M. A. and L. D. Harder. 2009. The global stock of domesticatedhoney bees is growing slower than agricultural demand for pollination.Curr. Biol. 19:915-918.
17. Aizen, M. A., L. A. Garibaldi, and S.A. Cunningham. 2008.Longtermglobal trends in crop yield and production reveal no currentpollination shortage but increasing pollinator dependency. Curr. Biol.18:1572-1575.
18. Beattie, A. J. 1971. Pollination mechanisms in Viola.NewPhytol.70:343-360.45. Behera, T. K. 2008. Heterosis in Bittergourd.Journal of New Seeds,6(2-3):217-221.
19. Delaplane, K. S. And D. F. Mayer. 2000. Crop pollinaiton by bees. CABIntl., Wallingford, U. K.
20. Eckert, C. D., M. L. Winston, and R. C. Ydenberg. 1994. Therelationship between population size, amount of brood, and individualforaging behavior in honey bee, Apismellifera L. Oecologia 97:248-255.
21. Fewell, J. H. and M. L. Winston. 1992. Colony state and regulation ofpollen foraging in honey bee, Apismellifera L. Behav. Ecol.Sociobio.30:387-393.
22. Hubblell, S. P. and L. K. Johnson. 1978. Comparative foragingbehaviour of six stingless bee species exploiting a standardizedresource. Ecology 59:1123-1136.
23. Islam, M. R., M. S. Hossain, M. S. R. Bhuiyan, A. Husna ,and M. A.Syed. 2009. Genetic variability and path-coefficient analysis of bittergourd (Momordicacharantia L.).J. Sustain Agr. 1: 53-57.
24. Jeffree, C. E. and M. M. Yeoman. 1983. Development of intercellularconnections between opposing cells in a graft union. New Phytol. 93: 491-509.
25. Kevan, P. G. and H. G. Baker. 1983. Insects as flower visitors and pollinators. Ann. Rev. Ent. 28:407-453.
26. Lee, J. M. 1994. Cultivation of grafted vegetables Ⅰ. Current status,grafting methods, and benefits. Hort. Science 29 (4) : 235-239.
27. Pankiw, T, R. E. Page, and K. M. Fondrk.1998. Brood pheromonestimulates pollen foraging in honey bee, Apismellifera L. Behav. Ecol.Sociobio. 44:193-198.

篩選適用甜椒栽培之微生物資材

林玫珠*、宋孟真**、楊芃菈***、廖芳瑾***、梁瑩如**
* 行政院農業委員會農業試驗所鳳山分所 助理研究員
** 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所 助理研究員
*** 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所 研究助理

一、摘要

本試驗係針對設施茄果作物篩選適當之微生物資材，主要是甜椒上常見的病害進行篩選策略，同時評估所得微生物資材酵素分解能力等，藉由瞭解微生物資材的能力，提出適合設施茄果栽培的微生物應用策略。結果顯示，在所篩獲的微生物中，以木黴菌屬以 T23-1、鏈黴菌屬 Cu4 與枯草桿菌屬 Ydj3 及 CB36 菌株等，其酵素分解能力、病原菌拮抗能力、種苗促進生長之能力最為優異。

關鍵字：甜椒(Sweet pepper)；拮抗微生物(Antagonistic microorganism)

二、前言

番椒 [*Capsicamannunm*L.] 屬一年生草本植物，包含辣椒 (hot pepper) 及甜椒 (sweet pepper)，原產於中美洲、南美洲熱帶地區，哥倫布發現新大陸後傳入歐洲(郭 1998)。台灣於 80 年代自荷蘭引進甜椒培育上市，由於顏色鮮艷，外型討喜，且果實具有豐富的維生素 A、C，因此深受國人喜愛。台灣甜椒全年皆有生產，主要栽培於南投縣、嘉義縣、雲林縣及屏東縣等地，根據行政院農委會農業統計年報，2015 年南投縣種植面積最大約達 400 公頃，產量約達 6000 公噸，其中信義鄉成為夏季彩椒的生產基地。甜椒性喜溫暖濕潤的氣候，但忌多雨及強烈陽光直射，因其光合成飽和點只有 30klux，屬於較耐陰作物，故甜椒栽培多以設施栽培為主，不僅可以降低外在氣候的影響，亦可以提昇產品品質與產量。

甜椒稍能耐高溫，生育適溫為 25℃左右，花芽分化適溫在 27~28℃之間，果實生育溫度則以 20~25℃為最佳；溫度低於 15℃以下，植株會生長停滯、授粉不良及受精率低，形成單偽結果，產生畸型之三角果或尖尾圓錐果，影響商品價值；而高於 35℃的晝溫或 25℃的夜溫會造成落花落果，使產量下降(李 2000；郭 1998)。為使果實在發育成熟期能吸收充足的養分，宜選擇排水良好、富含有機質，且通氣、保水良好之砂質壤土或壤土進行栽培，土壤酸鹼值以 6.5 左右為宜。當土壤中氧氣少、通氣性差、土壤過濕或過乾皆會造成根群發育不良，影響水份之吸收，導致植株生長勢無法長期維持，不適於甜椒之栽培，所以必須注意土壤的選擇或以介質栽

培來克服土質不佳或土壤管理的問題(郭 1998)。

目前國內種植的甜椒品種多是歐美國家種子公司育種，只有少數品種可以符合台灣高溫高濕、抗病等特性，所以栽培選擇性少，或是種子與種苗價格居高不下，種苗商供貨不及的情形也時有所聞(謝 2008)。由於受限於本島氣候與栽培模式，加上品種選擇性少，外來種品種對本土氣候環境適應度較弱，所產生的病蟲害問題複雜，如夏季高山生產之甜椒常面臨炭疽病、白粉病、灰黴病或疫病菌為害，細蟎或二點葉蟎等節肢動物危害，導致生產量與品質不穩定，甚或衍生農藥殘留等問題。在設施栽培環境方面，由於缺乏雨水淋洗土壤，容易導致網室土壤或介質鹽分累積較露天田地更為快速嚴重，目前信義鄉農民已嘗試於栽培過後利用熱水淋洗栽培介質，並藉以降低介質中的病原菌等。

有益微生物為近年來熱門的農業資材，對非目標生物具有低毒性與安全性，對標的病原微生物具高專一性，十分適合永續農業的資材。將有益微生物處理種子或施用於幼苗與土壤，進而達到改善土壤物理性質、分解土壤中大分子成為植物營養源、增加根系之生長與吸收、促進作物生長及誘導作物抗病抗蟲等等功效，因此被稱之為微生物肥料 (microbial fertilizer)(Ahemad&Kibret 2014)。土壤中有益微生物族群增加，可以促進作物生長、拮抗病原菌、促進土壤大分子分解與使作物產生誘導抗病等功效(Nihorimbere*et al.* 2010,Ahemad&Kibret 2014)。因此，本研究藉由微生物功能性進行初步篩選有益的微生物，尋找適合台灣設施甜椒栽培之微生物資材，達促進生長與增進甜椒產業發展之目的。

三、材料與方法

3.1 菌株分離與培養

秤取土壤樣本 3g 加入含有 30mL 無菌水之離心管，經劇烈震盪後以無菌水進行序列稀釋，塗抹於 PDA (Potato dextrose agar, Difco)平板，30℃培養 2 d 後挑取單一菌落純化後進行後續試驗。木黴菌部分，利用前述方法連續稀釋平板法分離木黴菌，所得單一菌落塗抹於選擇性培養基上，以菌落及孢子型態為依據移植純化。刮取待測菌株培養於 5 mLLB (Luria-Bertainibroth, Difco)培養基，放置於 30℃培養箱，轉速 120 rpm，黑暗培養 16 h 後，將菌液濃度調整為 1×10^{7}cfumL^{-1}，以進行後續的種子發芽試驗、酵素分析試驗、病原菌拮抗對峙試驗及甜椒種苗生長促進試驗。

3.2 微生物 IAA 產生之定量分析與定性分析

IAA 之定量試驗參考 Chen *et al.*(2010)步驟進行，取 100 uL 菌液 (1×10^{8} cfu mL^{-1}) 於 5 mL LB broth (含 200 ppm tryptophane)，培養於 32℃、150 rpm 培養 90 h，以 10,000 rpm 離心 5 min 去除菌泥；取 500 uL 上清液於分光光度計測量管中，加入 500 uL 的 Salkowski A 試劑 (內含 2% 0.5 M $FeCl_3$ 的 35% 過氯酸溶液)，於室溫下反應 30 min，於分光光度計波長 530 nm 測量吸收值，以 IAA 標準液劃出標準曲

線，換算 IAA 濃度 (Chen *et al.* 2010)。

IAA 定性試驗經改良後於 LA (Luria-Bertaini agar, Difco)培養基進行，在 LA 培養基上覆蓋一聚碳酸酯膜(Nucleporemembrane, 90 mm, 0.2 um, Whatman)及一圓盤濾紙 (8 mm, ADVANTEC, Japan)，取 80 uL 上述微生物菌液滴在圓盤濾紙上，於 30℃培養 2-3d 後，移去聚碳酸酯膜及圓盤濾紙，在 LA 培養基上加入 2 mL 的 Salkowski A 試劑，靜置呈色後，以無菌水洗去 Salkowski A 試劑，拍照記錄。木黴菌部分則直接切取圓盤菌絲塊放置於聚碳酸酯膜上培養 2-3d 後，移除聚碳酸酯膜後進行呈色試驗。

3.3 種子發芽根部生長促進試驗

甜椒種子(品種金華星, 農友)經消毒後進行催芽。將上述培養之拮抗微生物經定量後加入未凝固的 1/2MS (Murashige and Skoog Basal Medium, Sigma)培養基，倒入含 35 mL 1/2 MS 的 15 cm 塑膠平板上，使菌液最終濃度為 5×10^7cfumL^{-1}、1×10^7cfu mL^{-1} 或 1×10^6cfu mL^{-1}。待凝固後於平板上放入已催芽 4 d 的種子，每處理六顆種子，將平板直立於斜面架上，於 27℃生長箱培養 7d 觀察種子根長度，並照像記錄結果。木黴菌部分則配置 1/2MS 培養基，並依序放置經催芽的種子，種子對面側則放置一待測菌絲圓盤進行測試。

3.4 病原菌之對峙試驗

對峙試驗的病原菌株為危害甜椒常見的病原菌，測試菌株為炭疽病菌(*Colletotrichumgloeosporioides*)、灰黴病菌(*Botrytis cinerea*)及青椒疫病菌(*Phytophthoracapsici*)。炭疽病菌及灰黴病菌之對峙試驗於 PDA 平板進行，而青椒疫病菌之對峙試驗則於 10% V8 平板 (100 mL L^{-1} V8 juice、100 mg L^{-1} $CaCO_3$ 及洋菜 20 g L^{-1})進行，取 80 µl 有益微生物菌液 (1×10^7cfumL^{-1})於圓盤濾紙進行病原菌之拮抗測試，培養於 28℃ 5 d 後紀錄結果。

3.5 拮抗病原菌之酵素能力分析

根據 Hankin&Anagnostakis (1975)報告進行纖維素分解酵素(cellulase)能力測試，纖維素培養基 (pH 5.0)內含酵母抽出物 (Yeast extract, Difco) 2.5 g L^{-1}、微量元素溶液 500 ml L^{-1}、纖維素(Carboxymethylcellulose, SIGMA)5 g L^{-1} 及洋菜 20 g L^{-1}；微量元素溶液內含$(NH4)_2SO_4$ 2 g L^{-1}、KH_2PO_4 4 g L^{-1}、Na_2HPO_4 6 g L^{-1}、$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.2 g L^{-1}、$CaCl_2$ 1 g L^{-1}、H_3BO_3 10 ug L^{-1}、$MnSO_4$ 10 ug L^{-1}、$ZnSO_4$ 70 ug L^{-1}、$CuSO_4$ 50 ug L^{-1} 及 MoO_3 10 ug L^{-1}，其上覆蓋一聚碳酸酯膜與圓盤濾紙，將微生物培養液滴至圓盤濾紙上，於 30℃培養 5d 後移除膜與濾紙，以 0.4%剛果紅(congo red)浸潤平板後清洗，並測量透化圈。

幾丁質分解酵素(chitinase)能力測試，配製幾丁質培養基含 KH_2PO_4 0.7g L^{-1}、$MgSO_4$・$7H_2O$ 0.5 g L^{-1}、$FeSO_4$・$7H_2O$ 0.01 g L^{-1}、0.1% $ZnSO_4$ 100 ug L^{-1}、4% 幾丁質膠(Colloidae chitin) 125 mL L^{-1} 及洋菜 20 g L^{-1}，微生物培養方法同上述，移除膜與濾紙後測量透化圈。

明膠分解酵素 (gelatinase) 能力測試於明膠培養基進行，明膠培養基含 NB (Nutrient broth, Difco) 10 g L^{-1}、明膠 (gelatin, Sigma) 4 g L^{-1} 及洋菜 20g L^{-1}，微生物培養方法同上述，移除膜與濾紙後以硫酸胺飽和水溶液浸潤平板，並測量透化圈。蛋白質分解酵素(protease)能力測試於蛋白質培養基進行，蛋白質培養基含酵母抽出物 1.5 g L^{-1}、脫脂奶粉 100 g L^{-1} 及洋菜 20 g L^{-1}，微生物培養方法同上述，移除膜與濾紙後測量透化圈大小。

脂質分解酵素(lipase)能力測試於脂質培養基 (pH 6.5)上進行，培養基含蛋白腖(Peptone, Difco) 10 g L^{-1}、NaCl 5 g L^{-1}、7.5% $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 2.665 mg L^{-1} 及洋菜 20g L^{-1}，滅菌後加入 4 mL Tween20，倒製平板，微生物培養方法同上述，移除膜與濾紙後測量沉澱環。

3.6 營養分分解酵素能力分析

根據 Hankin&Anagnostakis (1975) 報告進行澱粉分解酵素(amylase)能力測試，澱粉培養基(pH6.5)含 NB 10 g L^{-1}、可溶性澱粉(Soluble starch, Sigma) 2 g L^{-1} 及洋菜 20 g L^{-1}，微生物培養方法同上述，移除膜與濾紙後以 1%碘液浸潤平板後測量透化環。

溶磷酵素(phosphatase)能力測試，溶磷平板培養基(pH 6.0)含蛋白腖 14 gL^{-1}、酵母抽出物 5 g L^{-1}、葡萄糖 0.1 g L^{-1} 及洋菜粉 20 g L^{-1}，微生物培養方法同上述，移除膜與濾紙後倒入 28% NH_4OH，測量桃紅色暈圈。

尿素分解酵素(urease)能力測試，蛋白腖尿素培養基 (pH 6.0)內含蛋白腖 14 g L^{-1}、酵母抽出物 5 g L^{-1}、葡萄糖 0.1 g L^{-1} 及洋菜粉 20 g L^{-1}。滅菌後加入 8 ml L^{-1} 50% 尿素，倒製平板。微生物培養方法同上述，移除膜與濾紙，倒入未凝固的普魯氏藍凝膠(0. 1 M 磷酸緩衝液(pH 6.0) 10 ml L^{-1}、50% 尿素 20 ml L^{-1}、0.5% 普魯氏藍 10 ml L^{-1} 及洋菜 15g L^{-1})，靜置 2 小時後測量深藍色暈圈。

3.7 甜椒種苗生長促進試驗

經催芽的甜椒種子移植至 3.5 吋盆內續行生長促進試驗，將盆栽放置於 27℃定溫箱內，12h 光照，12 h 黑暗，種植 3 週後進行有益微生物之澆灌試驗，每週一次，連續澆灌四週，每處理各九盆，每盆澆灌 30mL。發酵液配方為 1%黃豆粉與 1%二號砂糖，30°C、150 rpm 黑暗培養 4d 後澆灌，菌液終濃度為 1×10^6cfu mL^{-1}，空白培養基作為對照，木黴菌部分則以孢子懸浮液進行。

四、結果與討論

4.1 微生物 IAA 定性分析

改良自 Chen *et al.* (2010)微生物產生 IAA 定量試驗，定性試驗評估待測微生物之 IAA 產生情形，發現所篩獲的微生物多可產生白色沉澱，與定量試驗之結果一致(圖一)，但沉澱圈大小不一，且與定量試驗值結果並無正相關性，顯示在相同培養

條件下各微生物之 IAA 產生量有極大的差別性。

4.2 種子發芽根部生長促進試驗

在種子發芽試驗中，希能找出對於種子發芽有促進效果之菌株作為溫室或田間後續試驗之用。在鏈黴菌屬(*Streptomyces* spp.)菌株以 Xst4 與 Xst8 為佳，枯草桿菌屬(*Bacillus* spp.)菌株以 Ydj3 為佳 (圖二)，木黴菌屬(*Trichoderma* spp.)菌株以 T23-1 為佳 (資料未顯示)。各類菌株的種子發芽試驗中，使用終濃度以 $1x10^6 cfumL^{-1}$ 為佳 (圖二)。

4.3 酵素能力分析

由前述的酵素定性方法分別量測各微生物的分解能力，大多數的微生物在某一類別酵素分解能力優異，但並無法在各類分解酵素均表現良好，綜合評估後以鏈黴菌屬之菌株 Cu4 與 XN10，枯草桿菌屬之菌株 CB36、PS、Ydj3 與 Yca1 (表二、三)，及木黴菌屬之菌株 T53 與 T23-1 其綜合表現為佳。

4.4 病原菌之對峙試驗

利用拮抗微生物對峙甜椒病原菌部分，結果顯示菌株拮抗能力在種間差異大。在鏈黴菌屬菌株中拮抗能力以 Cu4 最佳，XN10 次之；枯草桿屬菌株中拮抗能力以 CB36 最佳，Ydj3 次之；木黴菌屬菌株中拮抗能力以 S45 抑制甜椒灰黴病最佳，抑制率達 85%，木黴菌 S45 與 T53 抑制甜椒疫病菌最佳，抑制率達 90%，木黴菌 T53 抑制甜椒炭疽病較佳，抑制率達 91%。

4.5 甜椒種苗澆灌試驗

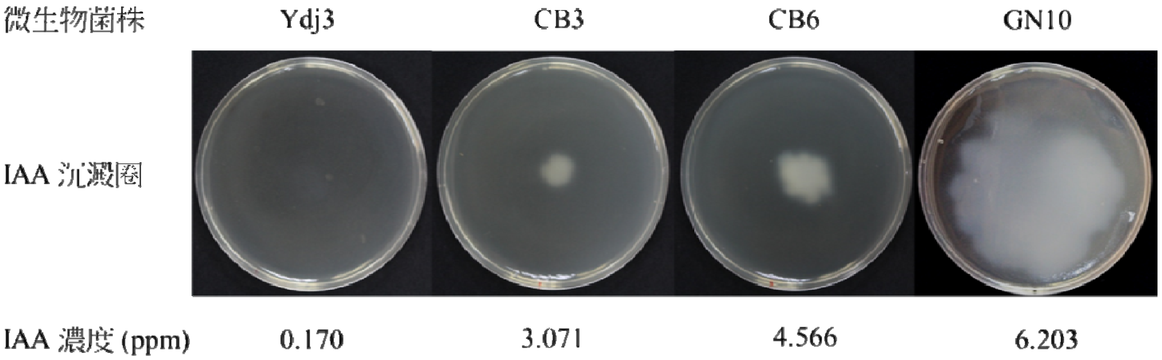
在枯草桿菌屬菌株以 CB36 菌株對於株高、根重與植株總重的促進效果最好；在木黴菌屬菌株中，所挑選之二個菌株對於甜椒種苗的促進效果差異不大；所挑選之鏈黴菌屬菌株以 Cu4 菌株對於株高、根重與植株總重的促進效果最好 (表四、圖三)。

綜合評估上述 IAA、酵素分解能力、對峙試驗與種子發芽測試後，未來溫室試驗與田間試驗將選定鏈黴菌屬菌株 Cu4、枯草桿菌屬菌株 CB36 與 Ydj3、木黴菌屬菌株 T23-1 進行試驗。由於不同地區病害與栽培情形條件不同，如炭疽病常發生在高山夏季栽種期，而灰黴病則多發生在冷涼的季節，因此若要使用微生物資材作為防治手段，可視季節或氣候等不同條件需求，搭配使用不同微生物資材。

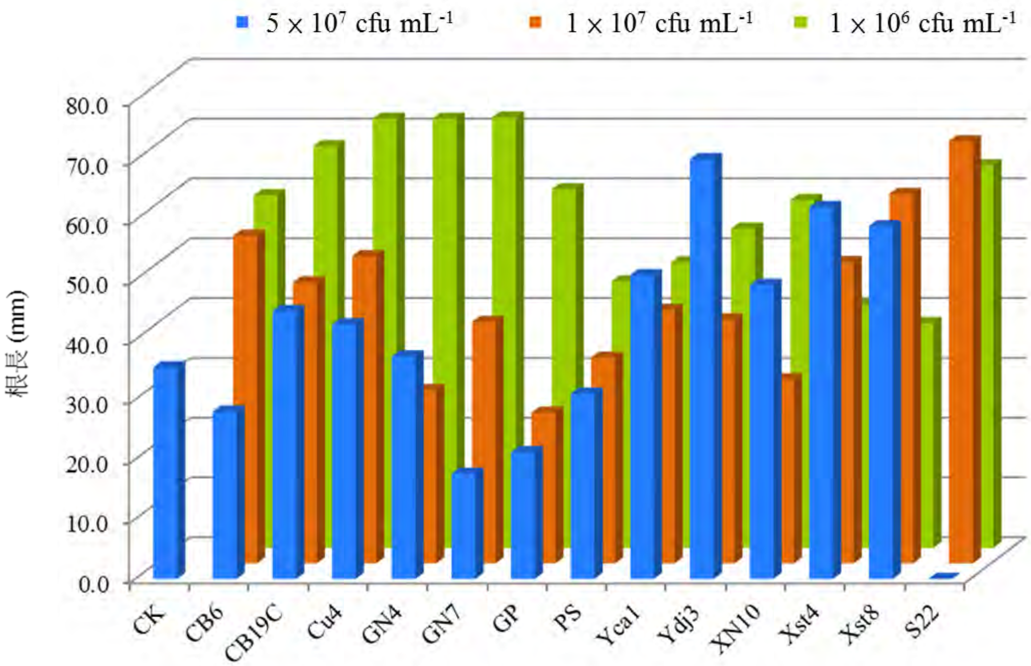
由 Mishra &Dash (2014)報導中可知，使用微生物資材有助於土壤養分平衡，促進作物健康。有利於提高土壤的生物活性，促進化學性肥料利用等優點。因此，在甜椒栽培過程添加拮抗微生物，或可解決部分設施中栽培介質所帶來的問題。同時經篩選的微生物可分泌酵素與二次代謝物，其具有促進作物養分吸收與對抗病原菌等功效(Glick2012)。本研究藉一系列篩選策略，針對高經濟價值之甜椒植株篩選適用之微生物資材，未來除可應用於田間外，另可擴大試用於其他高經濟價值之茄科作物，以期提高高品質茄科農產品比率與產量。

五、參考文獻

1. 郭孚耀。1998。彩椒栽培技術。台中區農推專訊 149 期。台中區農業改良場編印。
2. 行政院農委會農業統計資料 http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/inquiry/InquireAdvance.aspx
3. 李阿嬌。2000。彩色彩椒品種適應性與產銷概況。桃園區農業專刊第 34 期。桃園區農業改良場編印。
4. 謝雪琴。2008。雜交一代番椒育種。計畫編號：97 農科-4.2.2-糧-Z2(7)
5. Glick, B.R. 2012. Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. Hindawi Publishing Corporation, Scientifica. 15 pp.
6. Chen, M. C., T. C. Lin, and J. W. Huang. 2010. Factors affecting IAA production by rhizobacteria. Plant Pathol. Bull. 19: 201-212.
7. Hankin, L., and S. L. Anagnostakis. 1975. The use of solid media for the detection of enzyme production by fungi. Mycologia 67: 597–607.
8. Mishra, P., and D. Dash. 2014. Rejuvenation of biofertilizer for sustainable agriculture and economic development. J. of Sustainable Dev. 11:41-61.
9. Ahemad, M., and M. Kibret. 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. Journal of King Saud University–Science (2014) 26, 1-20
10. Nihorimbere, V., M. Ongena, M. Smargiassi, and P. Thonart. 2010. Beneficial effect of the rhizosphere microbial community for plant growth and health. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2011 15: 327-337.



圖一、微生物產生 IAA 之定性試驗(沉澱圈)與定量試驗之比較。



圖二、有益微生物對種子發芽根部生長促進試驗。

圖 3、有益微生物促進彩椒種苗生長情形。

表 1、有益微生物對炭疽病菌、灰黴病菌及疫病菌之拮抗能力。

微生物種類	菌株代號	對病原菌之拮抗能力		
		炭疽病菌	灰黴病菌	青椒疫病菌
Bacillus Spp.	CB6	+	+	-
	CB36	++	++	++
	GN10	++	++	±
	LGA4	-	-	±
	PS	-	++	-
	S22	++	-	++
	Ydj3	+	+	+
Streptomyces spp.	XN10	++	++	+
	Cu4	+++	++	++
Trichoderma spp.	T23-1	++	+	+
	T53	+++	+	+++

[a] "-"：肉眼無可見透化圈或沉澱圈；"±"：肉眼可見隱約之抑制圈；"+"：肉眼可見之抑制圈；"++"與"+++"：肉眼可見明顯之抑制圈。

表 2、拮抗病原菌之分解酵素活性分析。

菌株	分解酵素活性[a]						
	Cellulase	Chitinase	Gelatinase	Lipase	PGA[b]	PTM[c]	Protease
CB6	++	-	++	+	-	+	+
CB36	+	-	+++	++	±	±	++
GN4	++	-	++	++	++	++	++
GN10	++	-	+++	++	++	++	++
PS	++	-	+	+	++	++	+
S22	++	-	+++	++	±	±	++
Yca1	++	±	++	-	±	±	+
Ydj3	++	-	++	+	-	-	+
Cu4	++	+	+	+	+	+	-
XN10	++	+	++	++	-	-	+
Xst4	-	+	+	++	±	±	-
Xst8	-	+	+	+	±	±	-
T23-1	ND[d]	ND	ND	+++	ND	ND	+
T53	ND	ND	ND	++	ND	ND	±

[a]"-"：肉眼無可見透化圈或沉澱圈；"±"：肉眼可見隱約之透化圈或沉澱圈；"+"：肉眼可見之透化圈或沉澱圈；"++"與"+++"：肉眼可見明顯之透化圈或沉澱圈。

[b] PGA：Polygalacturonase，聚半乳糖醛酸苷酶。

[c] PTM：Pectate transeliminase，果膠轉氨酶。

[d]ND：none detect。

表 3、營養分分解酵素能力分析

菌株	分解酵素活性[a]		
	Amylase	Phosphatase	Urease
CB6	++	±	+
CB36	+	-	-
GN4	++	-	+
GN10	++	-	±
PS	±	-	±
S22	++	-	++
Yca1	++	+	±
Ydj3	++	+	±
Cu4	++	+	±
XN10	++	+	+
Xst4	+	+	±
Xst8	+	+	±
T23-1	+	++	±
T53	++	+	±

[a] "-"：肉眼無可見透化圈或沉澱圈；"±"：肉眼可見隱約之透化圈或沉澱圈；"+"：肉眼可見之透化圈或沉澱圈；"++"與"+++"：肉眼可見明顯之透化圈或沉澱圈。

表 4、各類菌株對於彩椒種苗的生長促進試驗結果

Microbial isolate	Highest (cm)	Weight of root (g)	Weight of plant (g)
Bacillus spp.			
CB3	14.43±0.25 b	1.31±0.08 b	4.99±0.92 bcd
CB36	17.47±1.72 a	2.32±0.77 a	8.09±1.55 a
GN10	10.35±0.32 g	0.73±0.10 e	4.33±0.11 cd
LGA4	10.80±0.15 ef	0.84±0.12 de	4.66±0.32 bcd
PS	12.93±0.86 cd	1.11±0.13 bcd	5.82±0.27 b
S22	11.53±0.29 def	0.87±0.18 de	5.03±0.36 bcd
Streptomyces spp.			
Cu4	13.48±0.95 bc	1.20±0.14 bc	5.85±0.32 b
XN10	10.45±0.19 ef	0.48±0.10 e	4.02±0.23 d
Xst8	12.65±0.19 cd	1.14±0.14 bc	5.64±0.21 bcd
Trichoderma spp.			
T23-1	14.7±0.23 b	0.59±0.04 e	3.86±0.18 d
T53	14.7±0.39 b	0.62±0.07 de	4.08±0.18 d
Control (CK)	11.93±0.42 de	0.75±0.15 cde	4.59±0.35 bcd

不同栽植方法與栽植方向對小果番茄之影響

康樂
行政院農業委員會農業試驗所作物組

一、摘要

鮮食用小果番茄由於食用方便，風味優良，深受國人喜愛，是我國重要的作物品項之一，由於露天栽培在生產時面臨的風險較高，且高品質小果番茄經濟價值較高，不少小果番茄現在已進入設施、甚至進行介質栽培。而設施及介質栽培必須在初期即投入高額成本，設施本體及栽培床架必須在搭建初期就進行詳盡考量以發揮最大效益。在不同的栽植方法與栽植方向，改變了植株在栽培期間的光線分布，也影響了栽培操作方法，但這些改變對小果番茄的生產影響則是最主要影響生產效益的因子。因此，本研究設計特殊層架，於夏季進行小果番茄之栽培試驗，結果發現在本試驗條件之下，以東西向進行栽培，單果重及單株產量顯著高於南北向栽培；而倒向栽培方式，在高溫環境之下，半停心型的小果番茄除了整枝方便外，在果實糖度、單果重及單株產量似乎皆有高於一般正向栽培的現象，或許未來可進一步研發配合之栽培管理方式，成為創新之栽培模式。

關鍵字：小果番茄、栽植方法、栽植方向

二、前言

番茄是一種國際性的蔬菜作物，原產於南美洲，喜性涼冷，由於經過人類長年馴化選育，品種相當多元，各具特色，其中鮮食用小果番茄由於食用方便，風味、營養價值都相當優良，深受國人喜愛，因此成為我國重要的作物品項之一，經濟價值相當高。

但由於我國地處亞熱帶，溫度較高，病蟲害種類也多，加上颱風、豪雨等農業天然災害頻仍，常造成小果番茄生產受損，強烈影響農民收益。為了克服相關逆境，應用設施進行小果番茄栽培成為一個有效的方法，相較於露天栽培，設施提供了作物更多的保護與環境控制能力，可提高產量與品質，但相對的因為必須投資與建設更多無法輕易拆遷移動的硬體，一旦設計錯誤所付出代價也相對昂貴，因此必須在進行建設之前詳加考量，才能發揮各項硬體投資的最大效益。

而一般常見的簡易小果番茄栽培設施，多以數十至數百支圓拱型支架延同一方向延伸搭建而成，棟與棟之間由於支架繁多移動較為不易，而一般小果番茄採用雙行種植，行與行之間則為走道，因此在考量機具及人工操作便利之下，多數作物栽植方向

皆與設施方向相同，也就是說栽培設施一旦蓋下去，同時也決定了內部作物的栽植方向，而不同方向除了影響通風之外，隨著日升日落，每株作物受到的光線分佈方式也可能有所不同，進而可能影響作物生產。

另一方面，相較於土耕，介質養液栽培由於對栽培環境控制較易，在設施栽培環境下，可更進一步穩定增進產量與品質，並且降低水分及肥料的消耗，同時也有克服連作障礙的效果，可將設施栽培的優點發揮到更大，但如何設計優良的栽培植床或植槽，也是設施栽培的重要研究項目之一。而就像設施的主體結構一樣，栽培植床設置成本也相當高，且同樣移動不易，加上整體肥灌系統的配管配線，一旦設置完成也是不易變更，因此植床設計同樣的也必須在設置之前做好妥善的規劃。

小果番茄一般在介質栽培採用之栽培槽與其他果菜類作物如甜椒、花胡瓜或甜瓜等較為雷同，可利用塑膠籃、塑膠袋或耕植槽之方式進行栽培，在栽培槽上方則設置攀爬網或軟繩進行枝蔓固定，由於生長快速，栽培時必須花費大量人力進行引蔓固定，因此亦有人應用番茄枝條略帶蔓性的特性，將介質固定於較高位置，讓番茄枝蔓自然下垂進行倒向栽培以節省人力使用，此種方式雖然目前在商業栽培上並不多見，但考量我國農業勞動人口下降，農業缺工問題逐漸上升的狀況之下，此種栽培方式或有其應用潛力。

因此，本研究為探究不同植栽方法與方向對小果番茄生長之影響，設計新型層架進行小果番茄之設施介質栽培、調查著果率、產量及果實品質等園藝性狀，作為設施小果番茄栽培之硬體設計參考使用。

三、材料與方法

3.1 參試品種

考量本試驗進行期間為夏季高溫環境，必須選用高溫環境下仍可著果之品種，另由於在歷年栽培番茄之經驗顯示在本試驗溫室內栽培番茄易有病毒病危害的現象，因此本試驗中選用番茄'台南亞蔬 19 號'作為參試品種，本品種耐熱性強、抗番茄黃化捲葉病毒病、番茄嵌紋病毒病及萎凋病，是一種適合於夏季栽培、半停心型之雜交一代小果番茄品種。

3.2 栽植方法與行株距

本試驗設計兩座雙層立體化栽培層架作為栽培試驗使用，每座立體化栽培層架包括四條雙層之栽培空間，每條長度 3m，條距 120cm；兩層之高度分別距離設施地面 20 公分及 120 公分，擇一提供正向栽培或倒向栽培使用；栽培空間內放置 35*50*15cm 之塑膠籃，每籃內株距 25 公分種植 4 株，經換算每平方公尺內有 6.66 株，較一般栽培密度高。

3.3 栽培管理與調查分析方式

本試驗之小果番茄以純泥炭土進行養液滴灌介質栽培，養液參考一般通用之 hoagland 配方，但根據植物生長狀態酌量進行主要元素、鈣及 EDTA 鐵之濃度動態調整；滴灌頻率每天 8 次，一次 1 至 3 分鐘。

由於栽培密度較大，為確保每株生長狀況較為一致，栽培時採雙幹整枝，將主幹第一串花序下之自然強壯分支留下，期於側枝全部摘除，倒向栽培時讓所有枝條自然下垂並無固定，正向栽培時僅以軟繩固定主幹，側枝則放任生長；為避免著果劑操作不當而導致試驗誤差，本試驗進行時不使用著果劑。

調查時，去除所有邊行植株，剩餘植株則調查各單株前五花序著生枝幹、總花數、總著果數，調查各果實之單果鮮重、可溶性固形物含量及各花序之產量，並根據每一花序之總花數與著果數之比率計算著果率、並加總每花序之果實總重計算產量。由於台南亞蔬 19 號生長形式為半停心型，每枝幹上可著生之花序數量略有不同，因此在超過五個花序以外之花序與以摘除，而未達 5 個花序之狀況則以缺值進行分析

四、結果與討論

4.1 植株生長型態與環境差異

在本試驗栽培中，可能是因為在倒向栽培時，定植之幼苗在初期之光線較為充足且溫度較高，植株生長發育速度明顯較正向栽培快，因此導致觀察到倒向栽培之植株開花日期較早，果實成熟開始採收的日期也較早（圖一）。

圖 1 小果番茄在倒向栽培（圖左）及正向栽培（圖右）之生長情形。

其中在光線部分之差異由於本設計為立體化層架，植株初期在下層栽培時有被上層遮陰的關係導致光線較弱，如以一般狀況單層栽培時光線應較無此影響，而隨著作物生長，正向栽培之植株高度超過上層植栽空間後，上層栽培空間造成的遮陰效果下降，倒向栽培的植株在較大開始向下懸垂之後，植冠多數低於本身的栽培空間，反而導致整體遮陰較為增加，而部分光線直接照射於介質上造成浪費，若要改善此種現象，或許可藉由調整枝條引導方式，將原先直接向下懸垂，改成倒U形式，並提高倒U的頂點位置，使部分葉片可高於栽培空間，減少遮陰所造成的光線損失，或是考量在此空間內種植另一種矮莖作物，增加光線利用效率。

另外，在本試驗中觀察到在倒向栽培的植株，雖然大部分會自然下垂，但新梢的部分仍會如魚鉤狀向上生長，直到枝條無法支撐後才自然下垂，導致下垂部分的枝條並不如預期般垂直向下，會具有自然扭曲的現象，由於扭曲方向並不一致，部分植株之間可能距離因互相牽引改變而有疏密變化，另外部分植株的新梢傾向往走道空間生長，使走道空間縮小行走較為不易，故如欲採倒向栽培，可能必須降低種植密度，增加走道距離以利栽培管理之操作。

4.2 不同栽植方式及方向對小果番茄園藝性狀之影響

本實驗設計為雙因子試驗設計，經變方分析後發現，無論是在果實糖度、單果重、著果率及單株產量上，不同栽植方式與方向的交感效應並不顯著，主要顯著影響皆為主效應，各處理主效應之平均值列於表一。

在本試驗中，可能由於栽培密度每平方公尺約 9.24 株過高，加上栽培期間內設施溫度較高且並未使用著果劑促進著果，導致整體平均著果率較低，且在各處理間無顯著差異；而單株產量的調查結果也顯示本次試驗的平均產量可能因為著果率低而偏低。

在不同栽植方向的影響，東西向種植的番茄果實糖度顯著的略為降低，果實品質可能略微降低，但在產量性狀上，東西向種植平均單果重較高，平均的著果數相對於南北向種植的番茄也較高，導致單株產量增高的比值又更高於果重的變化，以本次的試驗結果來看，由於糖度的差異較小，而產量的影響較大，因此以經濟的角度可能還是以東西向雙行種植具有較高的收益。

而在不同的種植方式的影響，可以觀察到倒向栽培在糖度、單果重及單株產量皆顯著大於傳統的正向栽培方式，這可能是由於在初期栽培光線較佳，且台南亞蔬 19 號為半停心型品系，生長期較短，栽培初期的營養生長階段對於整體的產量相對於非停心型品系影響較大所導致，不過在實際操作時，雖然減少了枝條固定引蔓的操作時間，但由於在懸垂時不同葉片及枝條較易互相牽引，導致在其他如摘除側芽、噴藥等栽培管理操作上更為不易，原先以省工為出發點的設計效果並未達成，如要採取倒向栽培進行經濟生產還需要其他栽培管理方式的配合改進才有實用價值。而綜合試驗結果，倒向栽培雖然省工的主要目標並未達成，不過在其他園藝性狀的表現皆優於正向栽培，顯示倒向栽培半停心型的小果番茄仍有部分應用潛力，值得後續持續改進。

表 1 不同栽植方向與位置、方式及著果枝幹對小果番茄園藝性狀之調查結果。

		糖度(brix)	單果重(g)	著果率(%)	單株產量(g)
東西向種植		5.55^{b}	11.70^{a}	20.99	160.8^{a}
	北側	5.64^{ab}	12.45^{a}	24.20	180.0^{a}
	南側	5.48^{b}	11.17^{b}	17.87	141.6^{ab}
南北向種植		5.79^{a}	9.75^{b}	16.00	81.0^{b}
	東側	5.70^{ab}	9.91^{c}	17.98	102.8^{bc}
	西側	5.91^{a}	9.47^{c}	13.69	59.2^{c}
正向種植		5.44^{b}	10.26^{b}	17.63	99.4^{b}
倒向種植		5.80^{a}	11.51^{a}	19.43	142.5^{a}
主幹		5.87^{a}	10.36^{b}	17.67	55.0^{a}
側枝		5.43^{b}	11.53^{a}	19.53	65.9^{a}

五、結論

應用設施，並以介質進行小果番茄栽培，雖具有高經濟價值，但初期投資成本仍相當高，其中設施的走向也決定了小果番茄栽培的走向，一旦建築完成變不易更動，在本試驗中發現，如不考量其他田區形狀、通風等因子，以東西走向建築溫室並進行小果番茄栽培,相對於南北向具有更高的生產效益,可作為在興建溫室前之參考因子。

而倒向栽培方式，雖然目前配套之栽培管理策略尚未明確，未達可推廣之程度，但初步的試驗結果顯示在果實糖度、單果重及產量皆有增加的潛力，未來或許可持續進行相關研究，開發設施小果栽培之創新模式。

六、參考文獻

1. 劉依昌、韓錦絲、謝明憲、王仕賢、王仁晃、陳正次。2009。番茄台南亞蔬 19 號之育成。台南區農業專訊第 53 期:12-23。
2. 戴順洋。2009。台中區農業技術專刊 173-設施番茄介質耕栽培技術。台中：行政院農業委員會台中區農業改良場。

稻殼在溫網室葉菜類蔬菜離地栽培之應用

黃祥益、朱雅玲、胡智傑
行政院農業委員會高雄區農業改良場

一、摘要

本研究分別以新鮮稻殼、堆積及淋洗處理之稻殼分別與泥炭土及椰纖屑以 1：1：1 比例混合作為莧菜、結球萵苣、小松菜、青梗白菜及小白菜等 5 種短期葉菜類蔬菜離地栽培介質，並以全泥炭-椰纖介質(v/v = 1:1)為對照處理。並以此 4 種介質設計 5 種葉菜類之輪作處理，評估參試介質於不同輪作處理之效應。試驗結果顯示，結球萵苣、小松菜及青梗白菜等 3 種葉菜類蔬菜之產量均以添加堆積稻殼之處理最高，分別為 22.41、4.87 及 5.30 kg/1.8 ㎡。而莧菜、小松菜及青梗白菜之產量在介質處理間之差異並未達顯著水準。小白菜則以全泥炭-椰纖處理(CK)之產量 1.70 kg/1.8 ㎡最高，顯著高於添加新鮮稻殼及淋洗稻殼之介質。輪作處理方面，各介質處理均以輪作處理 3 及輪作處理 5 之累計產量最高,輪作處理 3 以添加淋洗稻殼之介質的累計產值 1,154 NTD/1.8 ㎡最高，但處理間差異不顯著。輪作處理 5 以添加堆積稻殼之介質累計產值 1,158 NTD/1.8 ㎡最高，介質處理間差異不顯著。

關鍵字：稻殼、栽培介質、輪作

二、前言

國內離地栽培蔬菜大部分以簡易溫網室為主流，配合籃耕、栽培槽利用無土介質以養液灌溉或利用水耕進行離地栽培。由於設施內空間有限，部分農場將栽培槽架立體化(芮等人，2009)增加空間利用率，提高產能及產量。設施栽培除葉菜生產的應用之外，尤等人(2007)利用籃耕於網室內種植青蔥之產量稍高於同期田間栽培，可應用於雨季或天然災害過後青蔥供應不足時增加市場供貨。由於無土栽培及水耕普遍應用於葉菜類蔬菜生產(沈，1981；沈及許，1991)，國內設施栽培所用之栽培介質以進口之泥炭及椰纖為主，成本相對較高，且進口介質逐年隨國際能源價格上漲節節高升。國內之農業廢棄物作為各種作物栽培或育苗介質之應用亦受到重視，如金針菇及稻殼堆肥應用於木瓜育苗介質，可明顯促進木瓜苗之生育(蔡，1996)。稻殼配合菇類廢棄堆肥、鋸木屑等農業廢棄物堆肥可提高無土介質栽培之彩色甜椒產量(郭，2005)。本研究使用堆積 3 個月、淋洗及新鮮稻殼添加於泥炭-椰纖中作為栽培介質，並以全泥炭-椰纖(1:1，v/v)作為對照，藉以評估稻殼於葉菜類蔬菜離地栽培應用之可行性。

三、材料與方法

3.1 介質處理：以泥炭土、椰纖屑與不同處理之稻殼混合作為介質，稻殼於介質調製前分別以清水進行淋洗、堆積發酵 3 個月及不處理等 3 種方式處理。種植前將泥炭土：椰纖屑：稻殼(三種處理)以 1:1:1(v/v)之比例混合作為栽培介質，以泥炭：椰纖屑(1:1，v/v)混合介質做為對照。分別種植小白菜(*Brassica compestris* L. subsp. *chinensis*var.*communis*)、結球萵苣(*Lactuca sativa* var. *capitate* L.)、莧菜(*Amaranthusinamoenus*Willd)、小松菜(*Brassica rapa* var. *perviridis*)、青梗白菜(*Brassica compestris* L. subsp. *chinensis*)等 5 種作物，分別評估不同介質處理對此 5 種葉菜類蔬菜生育之影響。試驗處理採逢機完全區集設計(RCBD)，4 重複，栽培槽規格為 28 × 0.42 ×0.18 m(長×寬×高)，小白菜、莧菜、小松菜及青梗白菜採雙行植行距 20 cm，株距 15 cm；結球萵苣行距 20 cm，株距 20 cm。

3.2 輪作處理：前述四種介質處理，依照表 1 分別規劃 5 種葉菜類蔬菜之輪作系統，評估各項栽培介質於不同輪作系統中的產量及產值表現。栽培槽規格同前述，每小區長 5 m，栽培密度同介質處理試驗，試驗處理採逢機完全區集設計(RCBD)，4 重複。

3.3 養液處理：養液營養元素配方參考山崎氏萵苣配方(沈及許，1989)隨自動灌溉系統以肥灌方式供應，採收前 5 天停止施肥，僅供應清水。

表 1. 蔬菜添加不同前處理稻殼栽培介質開發之輪作處理

期作	種植時間	輪作 1	輪作 2	輪作 3	輪作 4	輪作 5
第 1 作	2014/5/1	小白菜	小白菜	小白菜	小白菜	小白菜
第 2 作	2014/8/6	莧菜	結球萵苣	小松菜	青梗白菜	小白菜
第 3 作	2014/11/10	小松菜	菠菜	結球萵苣	茼蒿	小白菜
第 4 作	2015/1/20	結球萵苣	結球萵苣	結球萵苣	結球萵苣	結球萵苣
第 5 作	2015/4/7	莧菜	萵苣	小松菜	青梗白菜	小白菜
第 6 作	2015/6/8	青梗白菜	小松菜	萵苣	莧菜	小白菜
第 7 作	2015/7/31	萵苣	莧菜	青梗白菜	小松菜	小白菜
第 8 作	2015/9/30	小松菜	青梗白菜	莧菜	萵苣	小白菜

四、結果與討論

4.1 介質處理對各項葉菜類蔬菜生育之影響：

由試驗結果顯示，小白菜於四種栽培介質處理中(表 2)以泥炭-椰纖介質(CK)之產量 1.70 kg/1.8 ㎡最高，其次為添加堆積稻殼處理的 1.36 kg/1.8 ㎡，二者顯著高於添加新鮮稻殼及淋洗稻殼介質，但泥炭椰纖與添加堆積稻殼介質間差異不顯著。而株高則

以對照處理最高，且顯著高於其他處理。而地上部鮮重、乾重及地下部鮮重、乾重等性狀則的表現較不一致，以地上部鮮重而言，各處理間差異不顯著。但地上部乾重則以添加淋洗稻殼介質處理最高且具顯著差異。地下部的表現也呈現較不同的變化。

在結球萵苣、小松菜及青梗白菜(表 3、表 5 及表 6)之產量均以添加堆積稻殼介質處理之最高，但各介質處理間差異不顯著。而添加淋洗稻殼介質之青梗白菜產量則與堆積稻殼介質處理同為 5.30 kg/1.8 ㎡。結球萵苣的株高、地上部及地下部性狀表現則以堆積稻殼最為穩定。除青梗白菜之地上部乾重之外，莧菜、小松菜及青梗白菜的各項性狀在介質處理間的差異均不顯著。綜觀 5 種短期葉菜類蔬菜栽培於各項介質處理的表現，雖添加堆積稻殼介質處理未於各項參試蔬菜作物顯著高於對照及其他處理處理，但考慮產量表現穩定性及介質成本，建議以堆積稻殼添加入泥炭-椰纖介質中可大幅降低介質使用成本。

表 2. 不同介質處理對小白菜生育之影響

介質處理	小區產量 (kg/1.8 ㎡)	株高 (cm)	地上部(g)		地下部(g)	
			鮮重	乾重	鮮重	乾重
新鮮稻殼	0.96	17.92	23.38	2.47	1.65	0.19
堆積稻殼	1.36	19.58	21.80	2.21	0.98	0.16
淋洗稻殼	1.01	18.06	24.36	2.71	1.31	0.17
泥炭-椰纖	1.70	21.16	21.48	2.01	0.82	0.13
$LSD_{0.05}$	0.41	1.12	5.81	0.49	0.34	0.04

註：104 年 5 月 15 日定植，104 年 7 月 1 日採收。

表 3. 不同介質處理對結球萵苣菜生育之影響

介質處理	小區產量 (kg/1.8 ㎡)	株高 (cm)	地上部(g)		地下部(g)	
			鮮重	乾重	鮮重	乾重
新鮮稻殼	20.05	16.56	666.54	21.53	15.50	1.54
堆積稻殼	22.41	23.54	788.10	24.32	17.03	1.68
淋洗稻殼	22.39	18.86	741.16	23.15	16.62	1.72
泥炭椰纖	21.87	20.58	701.16	23.66	18.47	1.94
$LSD_{0.05}$	2.17	3.40	96.50	3.57	1.68	0.23

註：104 年 1 月 20 日定植，104 年 3 月 25 日採收。

表 4. 不同介質處理對莧菜生育之影響

介質處理	小區產量 (kg/1.8 ㎡)	株高 (cm)	地上部(g)		地下部(g)	
			鮮重	乾重	鮮重	乾重
新鮮稻殼	2.85	37.03	72.30	5.39	5.95	0.59
堆積稻殼	3.22	38.90	80.98	5.88	7.75	0.70
淋洗稻殼	3.36	40.23	84.25	6.22	7.40	0.69
泥炭椰纖	2.93	37.53	72.25	5.55	5.73	0.58
$LSD_{0.05}$	1.17	6.32	30.94	1.37	3.19	0.47

註：104 年 5 月 15 日定植，104 年 7 月 1 日採收。

表 5. 不同介質處理對小松菜生育之影響

介質處理	小區產量 (kg/1.8 ㎡)	株高 (cm)	地上部(g)		地下部(g)	
			鮮重	乾重	鮮重	乾重
新鮮稻殼	4.43	32.13	82.23	5.29	3.50	0.31
堆積稻殼	4.87	35.10	104.40	6.22	4.25	0.39
淋洗稻殼	4.38	33.77	102.83	6.39	4.99	0.44
泥炭椰纖	3.92	33.57	95.53	5.86	3.73	0.36
$LSD_{0.05}$	1.48	8.90	24.97	2.69	2.66	0.31

註：104 年 5 月 15 日定植，104 年 7 月 1 日採收。

表 6. 不同介質處理對青梗白菜生育之影響

介質處理	小區產量 (kg/1.8 ㎡)	株高 (cm)	地上部(g)		地下部(g)	
			鮮重	乾重	鮮重	乾重
新鮮稻殼	5.21	24.33	109.63	6.28	3.94	0.39
堆積稻殼	5.30	25.07	126.30	6.90	4.57	0.44
淋洗稻殼	5.30	24.77	128.97	7.10	4.98	0.51
泥炭椰纖	4.65	24.57	106.20	5.68	3.79	0.41
$LSD_{0.05}$	1.35	4.37	40.00	0.65	2.28	0.20

註：104 年 5 月 15 日定植，104 年 7 月 1 日採收。

表 7. 各項介質配方成本分析

配方	比例	成本 (NTD/m^3)
泥炭：椰纖：新鮮稻殼	1:1:1	3,434
泥炭：椰纖：堆積稻殼	1:1:1	3,467
泥炭：椰纖：淋洗稻殼	1:1:1	3,450
泥炭：椰纖(CK)	1:1	4,750

4.2 介質處理對葉菜類蔬菜輪作系統生產之影響：

各輪作處理中不同介質處理的產量表現隨作物種類及期作別有所差異(表 8)。以期作別而言，介質使用初期，第 1 作及第 2 作以泥炭椰纖介質表現較佳，且於輪作中後期，第 3 作以後表現仍然穩定。而添加不同前處理稻殼介質則表現各異，其中以添加堆積稻殼介質在第 3 作以後之產量表現在不同輪作處理及期作間相對穩定。而添加新鮮稻殼及淋洗稻殼介質，在第 6 作以後之產量亦趨向穩定，在不同輪作系統中與添加堆積稻殼介質、對照介質處理之差異縮小或差異不顯著。顯示添加稻殼之介質在使用初期理化特性較對照處理(泥炭椰纖)不穩，在連續使用 3 至 6 期作後趨向穩定，推測可能由於稻殼於使用初期仍處於發酵狀態，特別是添加新鮮稻殼介質，於 5 個輪作系統的第 1 作產量表現較低，且葉片出現黃化現象。另外，第 6 作因處於高溫期造成除輪作處理 3 栽培莧菜生育良好外，其他各輪作處理植株均於無法正常生育。

由各輪作處理及介質處理累計產值觀察(表 9)，個別介質處理在不同輪作處理中的表現並不一致，以添加堆積稻殼介質於輪作處理 2、4 及 5 等 3 個輪作系統中均為最高，分別為 1,086、1,087 及 1,158 NTD/1.8 ㎡。而輪作處理 3 及 5 的中所有介質間的表現差異不顯著。由此結果顯示，添加堆積稻殼的平均產值最高，且介質成本較對照介質低 27%，具較高經濟效益。

表 8. 不同介質處理於不同輪作處理下各期作之小區面積產量(kg/1.8 ㎡)

	第 1 作	第 2 作	第 3 作	第 4 作	第 5 作	第 6 作	第 7 作	第 8 作
輪作處理 1	小白菜	莧菜	小松菜	結球萵苣	青梗白菜	小松菜	萵苣	小松菜
新鮮稻殼	1.07	0.47	5.23	20.30	2.00	--	--	4.28
堆積稻殼	1.07	0.58	6.33	22.20	2.45	--	--	4.51
淋洗稻殼	1.17	0.80	6.10	23.20	2.00	--	--	4.33
泥炭椰纖	2.13	1.22	10.13	19.90	2.05	--	--	4.46
$LSD_{0.05}$	0.91	0.66	2.59	2.00	0.53	--	--	1.38
輪作處理 2	小白菜	萵苣	菠菜	結球萵苣	小松菜	萵苣	莧菜	青梗白菜
新鮮稻殼	0.70	0.52	3.33	19.40	3.55	--	3.51	5.95
堆積稻殼	1.57	1.41	2.87	23.30	3.55	--	3.67	7.12
淋洗稻殼	0.80	0.71	3.27	20.30	4.45	--	3.67	6.55
泥炭椰纖	1.60	1.85	3.40	22.10	3.65	--	2.95	5.27
$LSD_{0.05}$	0.43	0.27	1.32	1.72	0.77	--	1.12	1.31
輪作處理 3	小白菜	小松菜	結球萵苣	結球萵苣	萵苣	莧菜	青梗白菜	莧菜
新鮮稻殼	1.13	0.45	14.97	17.50	5.45	2.55	4.33	3.32
堆積稻殼	1.17	0.66	15.57	20.75	5.35	2.75	3.18	4.01
淋洗稻殼	1.07	0.82	17.17	20.10	2.95	3.59	4.85	4.19
泥炭椰纖	1.00	0.91	16.23	22.65	3.35	3.36	3.98	3.34
$LSD_{0.05}$	0.58	0.19	4.16	2.67	1.60	0.95	1.01	1.09

輪作處理 4	小白菜	青梗白菜	茼蒿	結球萵苣	莧菜	青梗白菜	小松菜	萵苣
新鮮稻殼	1.10	0.31	1.50	21.95	5.35	--	3.65	5.24
堆積稻殼	1.73	0.56	2.80	23.45	5.60	--	4.50	5.01
淋洗稻殼	1.13	0.36	1.63	24.50	4.50	--	4.32	5.91
泥炭椰纖	2.17	0.99	4.57	23.70	4.70	--	2.59	5.05
$LSD_{0.05}$	0.62	0.24	0.98	1.66	0.95	--	1.45	1.26
輪作處理 5	小白菜	小白菜	小白菜	結球萵苣	小白菜	小白菜	小白菜	小白菜
新鮮稻殼	0.80	0.35	4.47	21.10	7.40	--	8.60	3.71
堆積稻殼	1.30	0.80	4.77	22.35	8.55	--	8.44	3.62
淋洗稻殼	0.90	0.69	4.07	23.85	5.50	--	6.75	4.83
泥炭椰纖	1.57	1.23	6.17	21.00	4.20	--	7.39	4.34
$LSD_{0.05}$	0.48	0.23	1.26	1.62	1.71	--	1.85	1.20

表 9. 各介質處理之不同葉菜類輪作處理之累計單位面積產值(NTD/1.8 ㎡)

介質處理	輪作處理 1	輪作處理 2	輪作處理 3	輪作處理 4	輪作處理 5	$LSD_{0.05}$
新鮮稻殼	573	934	1,011	953	1,121	78
堆積稻殼	638	1,086	1,036	1,087	1,158	91
淋洗稻殼	638	1,016	1,154	1,063	1,061	115
泥炭椰纖	708	1,023	1,076	1,072	1,111	121
$LSD_{0.05}$	59	39	146	136	108	

五、結論

水稻為國內最重要的農作物，栽培面積與產量均為各項作物之最，而稻殼為稻穀主要的廢棄物，取得容易且價格便宜、具良好的理化性，非常適合開發作為作物栽培介質或土壤改良物質。若可大量利用不但可協助解決農業廢棄物問題，同時能減少對日益昂貴的進口介質之依賴。由本研究試驗結果顯示，利用添加堆積處理稻殼取代33%的泥炭椰纖作為葉菜類蔬菜離地栽培介質，在不同葉菜類作物中表現較穩定，且於不同葉菜類輪作系統中的作物產量平均表現較佳，並可獲得較高的產值，成本方面也遠低於泥炭椰纖(對照處理)。除葉菜類蔬菜栽培的應用外，果菜類蔬菜作物近年來利用離地栽培的情況極為普遍，若進一步調整適合的配方並規劃優良輪作系統，更可提高其經濟效益。

六、參考文獻

1. 王鐘和、王貴美、胡敏夫。1996。隧道式設施及施用苦土石灰和稻殼對山葵產量與品質之影響。中華農業研究 45(1):57-68。

2. 李海英、彭光浩。2007。液培條件下氮素形態和化控技術對蔬菜硝酸累積的影響。土壤 39(6):896-899。
3. 沈再發。1991。葉萵苣浮根式水耕之養分吸收。中華農業研究 36(4):372-380。
4. 沈再發、許淼淼。1989。作物的營養特性及影響養液組成之因素。出自〝養液栽培技術講習會專刊第二輯〞，44-59。高雄：農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所。
5. 沈再發、許淼淼。1991。蕹菜水耕之養液試驗中華農業研究 40(4):407-416
6. 芮三亞、胡奇、蔡潞莎。2009。溫室冬草莓立柱式無土栽培技術研究。江蘇農業科學 6:233-234。
7. 祝金、黎文思。2008。反季節芫荽種子催芽試驗。廣西農學報 23(6):32-34。
8. 馬建華。2009。生菜柱式立體無土栽培基質的選擇與配比研究。安徽農業科學 37(36):17942-17943。
9. 曹毅、王艷、任吉君。2010。佛山心優特蔬菜週年生產模式研究。佛山科學技術學院學報(自然科學版)28(1):70-72。
10. 陳昶君、賴朝明、賴威宇。2012。稻穀生物炭改良劑對盆栽大豆幼苗、土壤性質和溫室氣體排放之影響。台灣農業化學與食品科學 50(3):171-178。
11. 曾政鴻、金安兒。2001。水耕蔬菜礦物質含量的探討。農林學報 50(1):49-59。
12. 程永雄、陳季呈、倪蕙芳。2001。綠色葉菜類(葉菜甘藷)栽培介質之研發。中華農業研究 50(1):1-11。
13. 蔡宜峰。1996。本土化有機介質應用於木瓜育苗之研究(一)對木瓜幼苗生長之影響。臺中區農業改良場研究彙報 50:53-59。
14. 蔡智賢、廖松淵、陳清義。1998。水耕栽培中銨態氮(NH +-N)對溫室洋香瓜根代謝反應之影響。中國園藝 44(1):69-80。
15. 薛珠政、溫慶放、李大忠、李永平、康建坂。2007。不同氮肥種類及用量對蔬菜硝酸鹽積累動態的影響。揚州大學學報(農業與生命科學版)28(4):81-84。

補光對設施番椒生產之影響

李睿家、陳宗禮
國立中興大學農藝學系

一、摘要

本研究以番椒(*Capsicum annuum* L.)作為材料，利用 LED 燈進行補充光量處理，探討不同補光模式對番椒植株生長、形態發育、生理特性、碳水化合物含量和果實產量品質之影響，探討台灣地區設施栽培高莖作物補光之可行性。頂端補光對植株株高、節間長、葉片發育、中下位葉光合作用特性、果實產量和品質無顯著差異。在水平冠層光照補充 300 µmol m^{-2} s^{-1} 能提高彩色甜椒可販售果產量。利用鋁箔鋪面能提高彩色甜椒下位葉葉綠素含量。頂端補光和鋁箔鋪面反射光照處理對番椒植株生長、形態發育、生理特性、碳水化合物含量和果實產量品質之影響並無顯著差異。此結果顯示，台灣地區網室高密度栽培番椒，補光並非經濟可行方式。

關鍵字：補光、LED、番椒、產量

二、前言

台灣位處於亞熱帶地區，氣候溫暖，雨量充足，適合作物生長，但降雨時期集中，易導致農作物災損，因此部分作物由露地栽培轉為設施栽培。除降雨外作物在露地栽培還會遭受颱風和寒害等氣候干擾，也會因病蟲害而使產量和品質下降。設施栽培，係指利用人工建築或設備達控制環境之目的，以提高作物品質、穩定生產和產期調節之功效。在台灣可耕地面積約有 579,196 公頃，其中約有 5.2%為設施栽培。但在長期設施栽培中會使土壤劣化、產生連作障礙和土壤病蟲害，可利用介質養液耕改善。此外隔雨資材影響到陽光穿透能力，使光量減弱和光質改變，可利用人工光源補充光照。光為植物唯一的能量來源，影響作物生長發育及光合作用。除了完全仰賴人工光源的植物工場之外，其餘的設施栽培仍需要依賴太陽光做為植物能源的供給，在高緯度地區會因冬季日照量不足，使植物光量降低。在光照失衡的環境下植株便無法正常生長，光照不足使得植物徒長、葉面積增大、葉片變薄等，藉由補充人工光源則可緩解光照不足的情況，而光照過強同樣影響植物生長，如光氧化逆境等，適當遮蔭可以解決此問題，因此設施內的光源管理成為最重要的一個環節。

光是植物生長唯一能量來源，光影響植物可分為三種：光強度(light intensity)、光質(light quality)及光照時間(light duration)。植物中許多的生理過程皆會受到光強度

的影響，光強度的影響分為強光及弱光。強光會導致葉片光合結構的氧化損傷，使葉片白化或黃化(Mullineaux and Karpinski, 2002)，因此會藉由減少光合作用反應中心的數量、氣孔型態的改變、葉片的捲曲和改變葉片或全株的型態減少強光傷害。當植株生長於弱光環境條件下時會造成植株高度增加、節間伸長和葉片面積增大。在遭受環境低光量時，可以藉由人工光源供給植物所需之光強度，此一過程可稱之為補光。近年來，隨著 LED 燈興起，具有省電、演色性佳和餘熱低等優點，補光由過去高鈉燈，逐漸轉換為頂端 LED 燈或植冠間 LED 燈光照等模式。利用 LED 燈補光能在萵苣生菜生產減少葉菜中硝酸鹽含量並提高地上部鮮重(Ioslovich, 2009)。增加溫室番茄和黃瓜光合作用速率、果數及產量(Deram et al., 2014；Pettersen et al., 2010)。補光延緩豇豆葉片老化(Frantz *et al*., 2000)，補充光能提高番茄果實抗壞血酸含量、改變葉片型態，提高葉片澱粉粒和可溶性糖、提高單位面積氣孔數並降低罹病葉片數(Liu *et al*., 2011a,b；Xu *et al*., 2012)。

甜椒(*Capsicum annuum* L.) 為番椒屬眾多物種中，最重要的物種，其包括商業栽培上的全部甜椒品種及大部分辣椒品種(郭，2000)。其中甜椒為辣椒之變種，果實中不具辣椒素(capsaicin)。原產於中南美洲，台灣約至民國 40 年才開始普遍栽培甜椒，早期主要以青椒為主，經選拔育種後，逐漸產生紅、黃、橘及紫色之果色不同之品種。

甜椒喜好暖涼氣候，發育適溫 21~27℃。但當溫度高於 32℃容易落花、結果不良；低於 15℃則會花柱殘留，易形成畸形果(李，2005)。台灣地區主要栽培品種有金莎、金華星和紅麗星等。甜椒富含抗壞血酸及維生素 B2，根據 FAO 2013 年統計資料，番椒屬在全球栽培面積 48.2 萬公頃，產量達 47.3 萬公噸，主要栽培國家為越南、印尼及印度。台灣甜椒栽培面積為 2,498 公頃，總產量為 2.7 萬公噸，主要栽培縣市為南投縣、嘉義縣及雲林縣(台灣農業統計年報，2014)。

甜椒枝幹木質化程度較番茄大，其分枝形成力較弱，但因甜椒花朵著生葉腋，如未進行整枝易使養分流入導致側枝發育，故在栽培上仍會對其進行整枝。甜椒整枝可分為單幹整枝、雙幹整枝和不整枝栽培。單幹整枝是在植株開始分叉後，選擇較強壯分枝，保持單一主幹，其餘側枝皆剪除，能提高果實品質及大果比率；雙幹整枝則是在主幹生長至第 10 節，開始產生第一次分枝時留兩枝幹為雙主幹，之後在每一分叉節位留較強壯的一芽，能提高單果重；不整枝，在第一次分叉後保留所有側芽，通常會形成 3-4 主幹，雖產量高但其單果重較輕。單幹整枝和雙幹整枝主要以垂直網支持，並用結束帶固定枝條，不整枝植株則以兩層平行網固定維持植株生長。

本研究以網室內常種植之高莖作物甜椒為材料，利用透明塑膠浪板為建材的網室做為試驗基地，除自然日照外，以 LED 燈做為補充光源，比較不同補光對甜椒葉片發育、葉綠素含量、光合作用特性和葉片可溶性醣及澱粉含量，調查其產量和品質，以評估台灣網室栽培甜椒應用補光之可行性。

三、材料與方法

3.1 試驗材料

1、補光試驗材料

選用青椒‘翠綠’和彩色種(混合品種)，種子皆購農友種苗公司。種子以臭氧水浸種消毒 30 分鐘，洗淨之後浸潤 10 至 12 小時，保濕置於 4 - 6℃低溫處理 1 天，並以暗處理 2 天，將種子栽種於穴苗盤中，將其置於室外光照充足之處，待植株開始萌發，至第二葉本葉完全伸展方可移置網室栽培。栽種共有 4 品種，補光及未補光 2 處理，每處理有 3 重複，每重複種植 3 株，以隨機完全區集設計排列。

2、補光和鋪面處理試驗材料

選用甜椒彩色種‘金莎’ (SPY-175)，購自和生種苗公司。種子處理先將甜椒種子會先將其浸泡於水中 30℃，以磁石連續攪拌 2 小時後，其他處理與 1 相同。每品種 3 種處理，每處理 3 重複，每重複種植 8 株，以隨機完全區集設計排列。

3.2 養液滴灌試驗

使用市售 70 公升之培養土(002C, Jiffy Co.)進行養液袋耕，水分供給以塑膠水桶搭配計時器控指電磁閥和抽水馬達控制灌溉量，並利用滴劍作為單株滴灌模式。養液配方依據 Hoagland *et al*. (1950)修改而來，由 A 和 B 兩配方混和，養液 A 主要包括硝酸鈣($Ca(NO_3)_2.4H_2O$)、硝酸鉀(KNO_3)、硝酸銨(NH_4NO_3)、螯合鐵(Fe-EDTA)等，養液 B 供應包括硫酸鉀(K_2SO_4)、硫酸鎂($MgSO_4.7H_2O$)、磷酸二氫鉀(KH_2PO_4)、硫酸錳($MnSO_4.H_2O$)、硫酸鋅($ZnSO4.7H_2O$)、硼酸(H_3BO_3)、硫酸銅($CuSO_4.5H_2O$)、鉬酸($NaMoO_4.2H_2O$)等，因網室之地下水過鹼，需利用硫酸溶液，調節養液 pH 值，使其養液 pH 值維持至 6~7 間。根據作物生長時期之不同，以滴灌系統進行養液供給，在移植後 0-2 週供給半量養液，EC 值為 1.0 ms cm-1，每日供給約 250 ml；在 2-6 週供給全量養液，EC 值為 1.8 ms cm-1，養液每日分為 8 時段供給。

3.3 補光和鋪面處理試驗設計

種植兩行，甜椒一側為青椒，另一側為彩色甜椒。每品種種植 6 包培養土，每包培養土為一小區共種植三株，行株距為 60×22 cm 共計 24 包。採雙幹整之，在第一次分枝時選兩較粗壯分枝為雙幹，並移除 15 節位下之側枝，15 節位後每桿存留兩側枝繼續生長，並利用塑膠棒作為支撐。自移植 2 週後架設 LED 燈，LED 燈長約 145 cm，單管 LED 燈最高光強度為 400 μmol m^{-2} s^{-1}；雙管 LED 燈最高光強度為 650 μmol m^{-2} s^{-1}。以角鋼搭設長方形補光架，以雙管 LED 燈在青椒及彩色甜椒進行頂光處理(Top-SL)，在距離甜椒植株 10 cm，光量為 300 μmol m^{-2} s^{-1}。

補光和鋪面處理共種植 6 行，每兩行為一大區，每大區內以 4 包培養土為一小區，每小區間隔 30 cm。每包培養土種植 2 株，行株距為 70×40 cm。以鋼索及鋞管在溫室內搭建斜面 A 字型栽培架，採雙幹整枝，利用栽培網和結束機將植株固定在網上。在番茄於第一朵花下選擇側芽作為第三桿，甜椒在第一次分枝時選其中兩較粗壯為雙

幹，每週移除多於側芽。自移植 3 週後在網室內搭建鋼索架設 LED 燈進行補光處理，並利用可活動式繩結調節 LED 燈之位置，將 LED 燈維持於植株上方 10 cm 處，光量為 300 μmol m^{-2} s^{-1}，自早上 6:00 至 8:00 及傍晚 16:00 至 18:00，早晚光照 2 小時。將銀黑布和鋁箔之亮面朝上黏貼至培養土袋外層，以提高 LED 燈及陽光之反射光。依其處理可分為 a.未補光處理(No-SL)，b.早晚補頂光 2 小時搭配銀黑布鋪面(SL+PE)，c.早晚補頂光 2 小時搭配鋁箔鋪面(SL+AF)。

3.4 生長發育特性調查

葉部發育調查，葉面積利用平台式掃描器(HP photosmart 5520)將葉片平鋪，以解析度 300 dpi，A4，黑白影像掃描，再利用影像分析軟體(image j)測量葉面積。葉面積指數以植冠分析儀(LAI-2000, Li-Co, USA)，測量植冠上(A 值)和底層(B 值)，以附屬軟體計算讀值。葉柄長使用測微尺測量葉序第一片葉片基部至莖部節位上。葉長和葉寬用測微尺測量葉序第一片葉葉基至葉尖和葉片最寬處。葉厚以厚度計(Mitutoyo)選擇無明顯葉脈處測量葉序第一片葉。葉色值(SPAD-valu):以葉綠素計(SPAD-520, Konica Minolta, Japan)夾取讀值。

生長與生物量分析，株高由介質表面至植株最高點之距。節間長將莖部節間剪斷後，使用測微尺測量。節間重將莖部節間剪斷後，以微量電子秤秤取。節間比重將節間重除以節間長，以代表節間的粗細。莖徑使用電子式測微尺(Mitutoyo)測量莖基部最大之寬度。植株鮮重將植株由莖基部切離，取其地上部全株秤取鮮重。植株乾重將採收後植株放入牛皮紙袋中，先以烘箱 100℃乾燥 1 小時，再以 70℃乾燥 48 小時後，秤取乾重。複合健苗指數:第一節節間比重÷株高×地上部鮮重。

果實特性分析，果實長與寬用測微尺測量果蒂至果尖為果長；以赤道線為果寬。硬度利用推拉力計(RX-100, AIKOH, Japan)之圓錐形探頭，每顆果實測量赤道線上三點加以平均代表每個果實之硬度，單位為 k gf。果肉厚度將果實縱向剖開，使用電子式測微尺(Mitutoyo)測量果實赤道線上 2 點並平均。可溶性固形物(%)使用攜帶式折射糖度計(MASTER-M, ATAGO, Japan)測量番茄每一花序前三顆成熟之果實。

3.5 生理特性與成份分析

包括葉綠素含量與比率、葉綠素螢光、Fv/Fm 比值、光合作用速率、蒸散作用速率、光譜分布、直/散射光測定、光反應曲線等、葉綠素含量、可溶性碳水化合物含量、澱粉含量。光合作用參數測定，自植株頂端選取第 5 片葉為上位葉，選取第 13 片葉為中位葉，第 20 片葉為下位葉。以氣體交換系統(Gas exchange system, LI-6400, Li-Co, USA)作為試驗使用之儀器，測定前先需暖機 30 分鐘，待其穩定後進行流速與 IRGA 歸零。以網室內光度和二氧化碳濃度直接測量，每片葉夾取 2 分鐘，等其數值穩定後記錄。

3.6 統計方式

利用統計軟體 SPSS（statistical product and service solutions, SPSS）進行 Student's t-test，比較補光與未補光之差異。另外以統計軟體 R 以最小顯著差異測驗法(Fisher’s least significant difference method, LSD)分析，比較試驗中不同補光處理與未補光處理間的差異。

四、結果與討論

4.1 補光對番椒生產之影響

欲了解長期補光對植株之影響，以青椒和彩色甜椒為材料，將兩種作物栽培於網室內，以白光 LED 燈進行補光，時間在早上 6:00 至下午 18:00，補光處理的方式利用在植株頂部利用 LED 光源進行頂端補光。

調查植株中位葉葉片葉柄長、葉長、葉寬、葉厚和 SPAD 值，結果如表 1 所示，以及觀察植株中位葉在補光處理下葉綠素含量之變化，結果如表 2 所示，青椒在頂端補光處理之各葉片性狀均與未補光處理無顯著差異。甜椒在頂端補光之葉柄長 3.5 cm 顯著較未補光處理 5.8 cm 為低 ($p < 0.05$)。青椒在補光和未補光處理下，葉綠素 a、葉綠素 b 和總葉綠素含量無顯著差異，葉綠素 a/b 比值為 1.2 和 1.3。彩色甜椒在補光和未補光處理下，葉綠素 a、葉綠素 b 和總葉綠素含量無顯著差異，葉綠素 a/b 比值為 1.4 和 1.4。

表 1、頂光補光處理對溫室栽培番椒中位葉之影響

Species	Treatment[z]	Petiole length (cm)	Terminal leaflet length (cm)	Terminal leaflet width (cm)	Leaf thickness (mm)	SPAD value
Green pepper	No-SL	5.0±0.9	16.9±5.8	10.0±2.0	0.23±0.04	51.3±2.7
	Top-SL	3.4±0.8	12.5±2.1	8.2±1.1	0.26±0.03	49.8±3.1
Sweet pepper	No-SL	5.8±0.6	16.4±3.5	9.8±0.9	0.21±0.01	48.2±2.9
	Top-SL	3.5±0.4*	11.5±3.0	7.5±2.8	0.28±0.01	53.5±3.7

No-SL:無補光；Top-SL:頂光補光處理。每處理三重複。*表示處理組與控制組具顯著差異 $p < 0.05$.

表 2、頂光補光處理對溫室栽培番椒中位葉之葉綠素含量影響

Species	Treatment[z]	Chlorophyll a (mg g-1 FW)	Chlorophyll b (mg g-1 FW)	Total chlorophyll (mg g-1 FW)	Chlorophyll a/b ratio
Green pepper	No-SL	1.2±0.1	1.0±0.1	2.3±0.2	1.2±0.2
	Top-SL	1.3±0.2	1.0±0.1	2.3±0.2	1.3±0.2
Sweet pepper	No-SL	1.4±0.2	1.2±0.2	2.5±0.3	1.4±0.3
	Top-SL	1.4±0.1	1.1±0.1	2.6±0.2	1.4±0.1

No-SL:無補光；Top-SL:頂光補光處理。每處理三重複。*表示處理組與控制組具顯著差異 $p < 0.05$.

在下午 16:00 至 18:00 測量不同葉位葉片光合作用速率、氣孔導度和蒸散作用速率，結果如表 3 所示。青椒上位葉光合作用速率為 5.5 μmol m^{-2} s^{-1} 顯著高於未補光處理 0.3 μmol m^{-2} s^{-1}，上位葉蒸散作用速率 0.8 μmol m^{-2} s^{-1} 顯著低於 1.7 μmol m^{-2} s^{-1}($p < 0.05$)，其餘性狀無顯著差異。彩色甜椒上位葉光合作用速率 2.9 μmol m^{-2} s^{-1} 顯著高於未補光處理 0.8 μmol m^{-2} s^{-1} ($p < 0.05$)。

進一步觀察葉片光合產物累積之情形，結果如表 4 所示。青椒和甜椒可溶性醣和澱粉含量無顯著差異。補光處理較未補光處理可溶性醣和澱粉無顯著差異，但其趨勢較高。

表 3、頂光補光處理對溫室栽培番椒葉片光合參數之影響

Species	Treatment[z]	Photosynthetic rate (μmol CO_2 m^{-2} s^{-1})			Transpiration rate (μmol H_2O m^{-2} s^{-1})			Stomatal conductance (μmol H_2O m^{-2} s^{-1})		
		Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower
Green pepper	No-SL	0.9±1.4	0.8±0.6	0.8±0.7	1.7±0.4	2.0±0.3	1.3±0.6	80.3±20.1	91.3±20.1	52.1±27.0
	Top-SL	5.5±1.1*	0.9±0.7	1.0±0.9	0.8±0.1*	1.8±0.5	1.0±0.5	73.8±59.2	68.7±45.8	30.7±12.4
Sweet pepper	No-SL	0.8±0.5	0.6±0.3	0.4±0.2	0.8±0.3	0.3±0.2	0.4±0.3	33.3±9.0	15.7±9.5	17.2±15.7
	Top-SL	2.9±1.5*	0.3±0.3	0.3±0.3	1.2±0.2	0.3±0.2	0.3±0.2	45.7±10.8	17.0±11.2	12.4±4.3

No-SL:無補光；Top-SL:頂光補光處理。每處理三重複。*表示處理組與控制組具顯著差異 $p < 0.05$.

表 4、頂光補光處理對溫室栽培番椒葉片碳水化合物含量之影響

Species	Treatment[z]	Sugar content (mg g^{-1} DW)	Starch content (mg g^{-1} DW)
Green pepper	No-SL	35.9±7.0	26.6±15.3
	Top-SL	46.4±6.3	61.9±35.3
Sweet pepper	No-SL	35.6±12.4	33.4±10.4
	Top-SL	31.3±1.7	41.6±10.6

No-SL:無補光；Top-SL:頂光補光處理。每處理三重複。*表示處理組與控制組具顯著差異 $p < 0.05$.

調查植株始花日期、果實初收穫日和結果率，結果如表 5 所示。青椒和彩色甜椒補光與未補光處理在始花日期、果實初收穫日和結果率皆無顯著差異。調查果實產量、果數、平均果重、品質性狀，果長、果寬、可溶性物質含量、滴定酸和甜酸比，結果如表 6 所示。青椒產量部分，未補光處理為 381.2 g，在頂端補光為 663.2 g，青椒產量、果數和平均果重皆無顯著差異。彩色甜椒在產量部分，未補光處理為 472.6 g；在頂端補光為 438.9 g。彩色甜椒產量、果數和平均果重皆無顯著差異；在青椒可溶性固形物含量，在未補光處理為 7.9 ˚Brix，頂端補光處理為 6.6 ˚Brix，青椒果長、果寬、可溶性固形物含量和滴定酸在頂端補光和未補光處理間無顯著差異。在彩色甜椒可溶性固形物含量，在未補光處理為 7.8 ˚Brix，頂端補光處理為 8.1 ˚Brix，青椒果長、果寬和可溶性固形物含量在頂端補光和未補光處理間無顯著差異。根據重量和外觀將果實分為大果、中果、小果和不可販售果，結果如表 7 所示。青椒分級中並未達到大果和中果，小果數和不可販售果數在處理間無顯著差異。彩色甜椒分級中並未達到大果，中果數、小果數和不可販售果數在處理間無顯著差異。

表 5、頂光補光處理對溫室栽培番椒生長日數之影響

Species	Treatment[z]	First flowering day	First harvest day	Fruit rate
Green pepper	No-SL	41.9±4.9	113.3±6.9	7.9±6.2
	Top-SL	42.3±3.6	111.9±7.2	12.4±6.2
Sweet pepper	No-SL	42.6±4.1	112.3±8.3	12.3±6.8
	Top-SL	43.9±2.9	113.2±4.8	10.8±6.2

No-SL:無補光；Top-SL:頂光補光處理。每處理三重複。*表示處理組與控制組具顯著差異 $p < 0.05$.

表 6、頂光補光處理對溫室栽培番椒之產量與品質之影響

Species	Treatment[z]	Yield (g plant^{-1})	Fruit number	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit width (mm)	TSS[y] (˚Brix)
Green pepper	No-SL	381.9±72.5	5.3±1.8	74.6±11.3	115.0±14.7	43.5±6.9	7.9±0.6
	Top-SL	663.2±231.2	10.8±5.3	64.2±10.2	122.9±7.1	32.5±2.6	6.6±0.4
Sweet pepper	No-SL	438.9±75.0	5.0±0.7	87.6±2.6	89.1±5.9	52.4±7.1	7.8±0.7
	Top-SL	472.6±62.7	6.5±0.7	70.3±8.7	71.7±9.4	56.3±3.8	8.1±1.1

No-SL:無補光；Top-SL:頂光補光處理；TSS:可溶性物質含量；TA:滴定酸和甜酸比。每處理三重複。*表示處理組與控制組具顯著差異 $p < 0.05$.

表 7、頂光補光處理對溫室栽培番椒果實分級之影響

Species	Treatment[z]	M-fruit number	%	S-fruit number	%	unmarketable fruit number	%
Green pepper	No-SL	-	-	1.0±0.8	17	5.0±2.2	83
	Top-SL	-	-	0.3±0.5	2	11.8±6.0	98
Sweet pepper	No-SL	0.5±0.6	10	1.5±1.7	30	3.0±2.6	60
	Top-SL	0.5±1.0	8	0.3±0.5	3	5.8±3.4	89

No-SL:無補光； Top-SL: 頂光補光處理。果實分級方式依據台北農產運銷有限公司(http://www.tapmc.com.taipei/market2.html). 番椒: 大果(L-fruit) > 300 g；中果(M-fruit) 300~200 g；小果(S-fruit) 200~100 g；無法販售(unmarketable-fruit) < 100 g 或是受傷生病果實。每處理三重複。*表示處理組與控制組具顯著差異 $p < 0.05$.

4.2 補光和鋪面處理對彩色甜椒生產之影響

為提高網室光能利用效率，在初春至夏初種植彩色甜椒，利用白光 LED 燈分別在上午 6:00-8:00 和下午 16:00-18:00 兩時段進行補光，並以銀黑布及鋁箔紙作為鋪面，以期能提高反射光，影響下位葉光量。

葉片是吸收光線之重要器官，為了解補光及鋪面對葉片發育之影響，測量彩色甜椒中位葉葉部形態特徵，包括總葉長、葉厚、SPAD 及葉面積指數。結果顯示表 8 所示，總葉長、葉厚、SPAD 值和葉面積指數皆無顯著差異。

比較上、中和下位葉葉片葉綠素 a、b、總葉綠素含量和 a/b 比值，結果如表 9 所示。葉綠素 a 最大值為 2.1 mg g^{-1} FW 、最小值為 1.3 mg g^{-1} FW；葉綠素 b 最大值為 1.3 mg g^{-1} FW、最小值 1.1 mg g^{-1} FW；總葉綠素含量最大值 3.4 mg g^{-1} FW、最小值為 2.4 mg g^{-1} FW；a/b 比值最大值為 1.6 mg g^{-1} FW、最小值為 1.2 mg g^{-1} FW，上位葉葉綠素 a、b、總葉綠素含量和 a/b 比值在各處理間無顯著差異。在中位葉部分，葉綠素 a 和總葉綠素含量，以補光加鋁箔最高，含量為 1.3 mg g^{-1} FW 和 2.2 mg g^{-1} FW，而未補光處理最低，葉綠素 a 和總葉綠素含量為 0.7 mg g^{-1} FW 和 1.5 mg g^{-1} FW。在下位葉也有類似情形，葉綠素 a 和總葉綠素含量，以補光加鋁箔最高，含量為 0.9 mg g^{-1} FW 和 1.5 mg g^{-1} FW，而未補光處理最低，葉綠素 a 和總葉綠素含量為 0.6 mg g^{-1} FW 和 1.1 mg g^{-1} FW。中下位葉葉綠素 b 含量在各處理間無顯著差異

表 8、補光與鋪面處理對溫室栽培彩色甜椒中位葉之影響

Species	Treatment[z]	Leaf length (cm)	Leaf thickness (mm)	SPAD value	LAI
Sweet pepper	No-SL	30.2±2.9a	0.34±0.07a	52.6±4.3a	1.8±0.5a
	SL+PE	27.4±3.2a	0.33±0.02a	53.2±2.8a	1.8±0.4a
	SL+AF	29.9±2.8a	0.31±0.05a	51.7±3.6a	1.9±0.4a

No-SL:無補光；SL+PE:頂光補光與銀黑部鋪面處理；SL+AF: 頂光補光與鋁箔紙每處理三重複。每列具相同字母表示差異不超過 5%，使用 Fisher's protected LSD test.

表 9、補光與鋪面處理對溫室栽培彩色甜椒葉片葉綠素含量之影響

Species	Treatment	Chlorophyll a (mg g^{-1} FW)			Chlorophyll b (mg g^{-1} FW)			Total chlorophyll (mg g^{-1} FW)			Chlorophyll a/b ratio		
		U[y]	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L
Sweet pepper	No-SL	1.3±0.1a	0.7±0.1b	0.6±0.1b	1.1±0.1a	0.8±0.1a	0.6±0.1a	2.4±0.4a	1.5±0.1b	1.1±0.1b	1.2±0.2a	0.9±0.1a	1.0±0.1a
	SL+PE	1.6±0.7a	1.0±0.1ab	0.7±0.1b	1.2±0.3a	0.9±0.1a	0.6±0.1a	2.8±1.0a	1.9±0.2ab	1.3±0.1ab	1.4±0.3a	1.1±0.2a	1.1±0.1a
	SL+AF	2.1±1.1a	1.3±0.3a	0.8±0.1a	1.3±0.3a	0.9±0.1a	0.7±0.1a	3.4±1.4a	2.2±0.4a	1.5 ±0.2a	1.6±0.5a	1.4±0.2a	1.3±0.1a

No-SL:無補光；SL+PE:頂光補光與銀黑部鋪面處理；SL+AF: 頂光補光與鋁箔紙每處理三重複。每列具相同字母表示差異不超過 5%，使用 Fisher's protected LSD test.

了解補光對植株葉部型態及葉綠素含量之影響後，利用光合作用儀在中午 10:00-12:30 測量網室內小彩色甜椒光合作用特性，包括葉片光量、光合作用速率、胞間二氧化碳濃度、氣孔導度和蒸散速率，結果如表 10 所示。彩色甜椒上位葉光量在未補光、補光加銀黑布和補光加鋁箔處理分別為 496.3 μmol m^{-2} s^{-1} 、478.3 μmol m^{-2} s^{-1} 和 458.9 μmol m^{-2} s^{-1}，光合作用速率分別為 8.2 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}、7.6 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1} 和 8.4 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}，上位葉光合作用特性在各處理間無顯著差異。中位葉光量在未補光、補光加銀黑布和補光加鋁箔處理分別為 291.3 μmol m^{-2} s^{-1}、243.8 μmol m^{-2} s^{-1} 和 289.1 μmol m^{-2} s^{-1}，光量衰減情形分別為 41 % 、49 % 和 37 % ，光合作用速率分別為 5.4 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}、4.7 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1} 和 5.3 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}，中位葉光合作用特性在各處理間無顯著差異。下位葉光量在未補光、補光加銀黑布和補光加鋁箔處理分別為 182.4 μmol m^{-2} s^{-1}、173.3 μmol m^{-2} s^{-1} 和 169.2 μmol m^{-2} s^{-1}，光量衰減情形分別為 63 % 、64 % 和 63 % ，光合作用速率分別為 3.3 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}、3.0 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1} 和 3.7 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}，下位葉光合作用特性各在處理間無顯著差異。

結果顯示，不同鋪面及早晚補光無法影響中午植株之光合作用。彩色甜椒之光合作用光量、光合作用速率、胞間二氧化碳濃度、氣孔導度和蒸散作用速率在不同葉位間無顯著差異。

表 10、補光與鋪面處理對溫室栽培彩色甜椒葉片光合參數之影響

Species	Treatment[z]	PPFD ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$)			Photosynthetic rate ($\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$)			Intercellular CO_2 concentration ($\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$)			Stomatal conductance ($\mu mol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$)			Transpiration rate ($\mu mol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$)		
		U[y]	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L
Sweet pepper	No-SL	496.3± 163.2 a	291.7± 77.9 a	182.4± 69.8 a	8.2±4.2 a	5.4±3.2 a	3.3±2.3 a	246.2± 32.6 a	279.1± 35.6 a	312.0± 45.2 a	132.7± 41.3 a	116.9± 52.3 a	98.9± 45.3 a	4.3±2.1 a	2.1±1.1 a	1.4±1.0 a
	SL+PE	478.3± 202.1 a	243.8± 101.2 a	173.3± 79.2 a	7.6±3.9 a	4.7±2.9 a	3.0±2.7 a	232.9± 27.8 a	292.8± 33.9 a	301.1± 62.3 a	122.3± 65.5 a	99.6± 46.2 a	99.6± 53.2 a	3.2±1.7 a	2.5±1.3 a	2.0±1.1 a
	SL+AF	458.9± 178.2 a	289.1± 110.3 a	169.2± 98.4 a	8.4±4.4 a	5.3±3.5 a	3.7±3.0 a	241.2± 26.3 a	267.6± 24.5 a	286.3± 43.6 a	107.9± 42.6 a	93.3± 52.6 a	102.6± 68.2 a	5.0±1.9 a	2.3±0.9 a	2.0±1.3 a

No-SL:無補光；SL+PE:頂光補光與銀黑部鋪面處理；SL+AF: 頂光補光與鋁箔紙每處理三重複。每列具相同字母表示差異不超過 5%，使用 Fisher’s protected LSD test.

不同鋪面處理對中午測量之光合作用速率無顯著影響，進一步分析補光及鋪面處理對彩色甜椒葉片可溶性糖及澱粉含量之影響，結果如圖 1 所示。彩色甜椒可溶性醣含量未補光處理其上位葉、中位葉及下位葉，分別為 65.1 mg g^{-1} DW、62.0 mg g^{-1} DW 和 58.2 mg g^{-1} DW；頂端補光加銀黑布其上位葉、中位葉及下位葉，分別為 62.2 mg g^{-1} DW、59.8 mg g^{-1} DW 和 58.5 mg g^{-1} DW；頂端補光加鋁箔其上位葉、中位葉及下位葉，分別為 76.4 mg g^{-1} DW、58.8 mg g^{-1} DW 和 59.5 mg g^{-1} DW。彩色甜椒澱粉含量未補光處理上位葉、中位葉及下位葉，分別為 117.6 mg g^{-1} DW、102.6 mg g^{-1} DW 和 84.6 mg g^{-1} DW；頂端補光加銀黑布上位葉、中位葉及下位葉，分別為 80.0 mg g^{-1} DW、87.4 mg g^{-1} DW 和 65.2 mg g^{-1} DW；頂端補光加鋁箔上位葉、中位葉及下位葉，分別為 113.8 mg g^{-1} DW、93.1 mg g^{-1} DW 和 79.5 mg g^{-1} DW。在所有處理下，彩色甜椒上位葉可溶性醣含量顯著高於下位葉可溶性醣含量，特別在頂端補光加鋁箔鋪面處理上位葉有最高可溶性醣含量。在澱粉部分，未光處理和頂端補光加鋁箔處理，其上位葉澱粉含量顯著高於下位葉。

調查植物生長特性，包括株高、節間數和平均節間長如表 11 所示。彩色甜椒第 18 週株高在未補光、頂端補光加銀黑部和頂端補光加鋁箔分別為 161.0 cm、152.3 cm 和 163.8 cm；節間數為 31.0 個、31.3 個和 33.3 個；平均節間長為 5.2 cm、4.9 cm 和 4.9 cm。彩色甜椒之株高、節間數和平均節間長在各處理間無顯著差異。顯示頂端補光和鋪面處理並不能影響植株莖節之伸長。

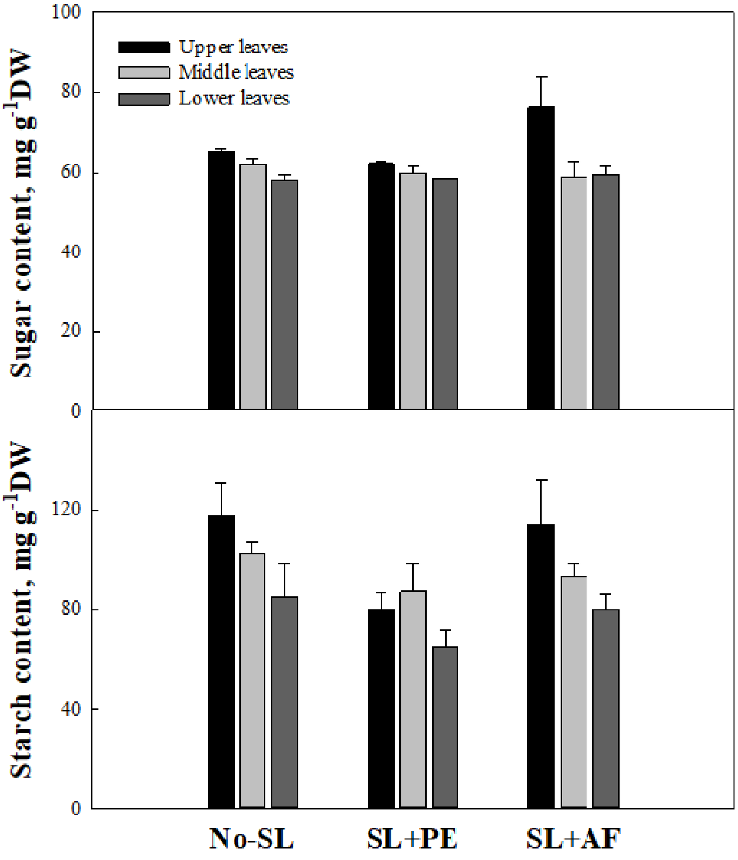


圖 1、補光與鋪面處理對溫室栽培彩色甜椒碳水化合物含量之影響
No-SL:無補光；SL+PE:頂光補光與銀黑部鋪面處理；SL+AF: 頂光補光與鋁箔紙每處理三重複。

表 11、補光與鋪面處理對溫室栽培彩色甜椒生長特性之影響

Species	Treatment[z]	Plant height (cm)	Internode number	Average internode length (cm)
Sweet pepper	No-SL	161.0±11.2 a	31.0±3.3 a	5.2±0.3 a
	SL+PE	152.3±4.6 a	31.3±2.2 a	4.9±0.3 a
	SL+AF	163.8±7.1 a	33.3±1.2 a	4.9±0.3 a

No-SL:無補光；SL+PE:頂光補光與銀黑部鋪面處理；SL+AF: 頂光補光與鋁箔紙每處理三重複。每列具相同字母表示差異不超過 5%，使用 Fisher's protected LSD test.

調查彩色甜椒果實產量，結果如表 12 所示。彩色甜椒在未補光、補光加銀黑布和補光加鋁箔處理，其單株產量分別為 1139.3 g、 943.5 g 和 175.5 g，果實數分別為 7.0 個、5.8 個和 6.0 個，平均果重分別為 164.0 g、168.7 g 和 175.5 g，彩色甜椒單株產量、果數和平均果重在各處理間無顯著差異。調查採收後彩色甜椒果實品質，結果如表 13 所示彩色甜椒之果長、果寬、硬度、果厚和可溶性固形物在各處理間皆無顯著差異。

在田間鋁箔覆蓋與一般裸露土壤能提高作物產量，如番茄、玉米、辣椒、胡蘿蔔和黃瓜，並能降低蚜蟲病害(Greer and Dole, 2003)。施用鋪面對產量之影響有人認為可能與鋪面之反射光量有關，如 Loughrin and Kasperbauer (2001) 在種植甜羅勒時施用不同顏色之鋪面處理分別為黑、紅、綠、藍、黃和白，其所能反射之光量比例為 5%、12%、11%、13%、32%和 40%，其中白色鋪面種植之植株有較佳的生物量；行間覆蓋白色鋪面與黑色相比有更高反光，能提升青椒可販售產量(Hutton and Handley, 2007)。但也有人認為土壤溫度影響較大，種植甜椒在銀黑布能較白色鋪面提高株高、徑圍和果實產量，其反射比例分別為 52%和 30%，根溫分別為 27.29℃和 27.95℃，顯示不同鋪面能影響根溫，進而影響產量(Díaz-Pérez, 2010)。

在本次試驗中利用了鋁箔和銀黑布鋪面處理，苗期測量時能反射約 25%的陽光直射光量。但在生長後期所量測之光場分析，下午補光進行時彩色甜椒銀黑布為 28 μmol m-2 s-1，而在鋁箔鋪面上方為 37 μmol m-2 s-1。在產量部分與過去文獻相比本次最高反射光量僅為 29%，而在栽培過程因上位葉擷取大量光量，使中下位葉之反射光量僅為更低，此可能是鋪面處理無顯著差異之原因。

綜合上述，彩色甜椒補光處理對生長發育無顯著影響。但彩色甜椒中下位葉總葉綠素含量在頂端補光加鋁箔處理下顯著高於未補光處理，而產量及品質在補光鋪面處理和未補光處理間無顯著差異。

表 12、補光與鋪面處理對溫室栽培彩色甜椒產量之影響

Species	Treatment^{z}	Yield (g plant^{-1})	Fruit number	Fruit weight (g)
Sweet pepper	No-SL	1139.3±88.9 a	7.0±1.0 a	164.0±11.6 a
	SL+PE	943.5±122.8 a	5.8±0.8 a	168.7±24.5 a
	SL+AF	1050.1±107.1 a	6.0±0.7 a	175.5±11.2 a

No-SL:無補光；SL+PE:頂光補光與銀黑部鋪面處理；SL+AF: 頂光補光與鋁箔紙每處理三重複。每列具相同字母表示差異不超過 5%，使用 Fisher’s protected LSD test.

表 13、補光與鋪面處理對溫室栽培彩色甜椒果實品質之影響

Species	Treatment[z]	Fruit length (mm)	Fruit width (mm)	Hardness (kgf)	Peel thickness (mm)	TSS[y] (°Brix)
Sweet pepper	No-SL	75.0±4.5 a	80.8±4.3 a	282.8±68.5 a	11.3±9.6 a	6.4±4.3 a
	SL+PE	76.0±5.9 a	76.6±9.0 a	271.6±69.2 a	11.6±9.5 a	6.3±2.9 a
	SL+AF	78.8±8.8 a	80.5±2.4 a	289.3±78.4 a	11.4±10.0 a	6.4±3.7 a

No-SL:無補光；SL+PE:頂光補光與銀黑部鋪面處理；SL+AF: 頂光補光與鋁箔紙每處理三重複。每列具相同字母表示差異不超過 5%，使用 Fisher’s protected LSD test.

五、結論

在清晨 6:00 至傍晚 18:00 利用頂端光照處理番椒，由於番椒其單一葉片葉面積片大，使上位葉截光率高達 90%，在下午提供上位葉補光時，頂端光照只能影響青椒和甜椒上位葉光合作用速率，但補光和未補光處理之葉片碳水化合物含量並無差異，顯示補光雖然能提升高莖作物局部之光量，但對整體植株之生長發育、生理特性似無顯著促進作用，因此頂端補光無法提升其產量和品質。

利用頂端光照結合鋪面反射光處理，結果顯示，早晚供給頂光兩小時的處理與未給光之植株，在其生長發育及果實產量並無顯著差異。在餘光反射部分，鋪設鋁箔和銀黑布之反射光並無顯著促進效果，其對植株生長發育、產量和品質並無影響。

目前在台灣若以 LED 進行高莖作物如番椒等之補光處理，受限於補充光源在高莖作物植冠的穿透度有限，僅在植物受光態中佔有一小部分，因此難以影響植株之生長發育及其產量，臺灣地區溫、網室高密度栽培番椒，補光並非經濟可行方式。

六、參考文獻

1. 行政院農委會。2014。台灣農業統計年報。http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/official/OfficialInformation.aspx
2. 李美娟。2005。甜椒。台灣農家要覽農作篇二。533-536。
3. 郭孚耀。2000。甜椒栽培技術。臺中區農業改良場特刊第 45 號。
4. Demers, D. A., M. Dorais, C. H. Wien, and A. Gosselin. 1998a. Effects of supplemental light duration on greenhouse tomato (*Lycopersiconesculentum* Mill.) plants and fruit yields. Sci. Hortic. 74: 295–306.

5. Díaz-Pérez, J.C. 2010. Bell pepper (*Capsicum annum* L.) grown on plastic film mulches: effects on crop microenvironment, physiological attributes, and fruit yield. HortScience 45: 1196-204.
6. Frantz, J. M., R. J. Joly, and C. A. Mitchell. 2000. Intracanopy lighting influences radiation capture, productivity, and leaf senescence in cowpea canopies. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 125: 694-701.
7. Greer, L., and J. M. Dole. 2003. Aluminum foil, aluminium-painted, plastic, and degradable mulches increase yields and decrease insectvectored viral diseases of vegetables. Hortechnology 13: 276-284.
8. Hutton, M. G., and D. T. Handley. 2007. Effects of silver reflective mulch, white inter-row mulch, and plant density on yields of pepper in Maine. Hortechnology 17: 214-219.
9. Ioslovich, I. 2009. Optimal control strategy for greenhouse lettuce: Incorporating supplemental lighting. Biosyst. Eng. 103: 57-67.
10. Liu, H., B. Liu, C. Zhao, M. Pepper, and C. Lin. 2011. The action mechanisms of plant cryptochromes. Trends Plant Sci. 16: 684-691.
11. Liu, X. Y., S. R. Guo, Z. G. Xu, X. L. Jiao, and T. Takafumi. 2011. Regulation of chloroplast ultrastructure, cross-section anatomy of leaves, and morphology of stomata of cherry tomato by different light irradiations of light-emitting diodes. HortScience 46: 217-221.
12. Loughrin, J. H., and M. J. Kasperbauer. 2001. Light reflected from colored mulches affects aroma and phenol content of sweet basil (*Ocimumbasilicum*L.) leaves. J. Agric. Food Chem. 49: 1331-1335.
13. Mullineaux, P., and S. Karpinski. 2002. Signal transduction in response to excess light: getting out of the chloroplast. Curr. Opin. Plant Biol. 5: 43-48.
14. Pettersen, R. I., S. Torre, and H. R. Gislerod. 2010. Effects of intracanopy lighting on photosynthetic characteristics in cucumber. Sci. Hortic. 125: 77-81.
15. Xu, H. L., Q. Xu, F. Li, Y. Feng, F. Qin, and W. Fang. 2012. Applications of xerophytophysiology in plant production-LED blue light as a stimulus improved the tomato crop. Sci. Hortic. 148: 190-196.

設施內山葵氣霧耕生產之研究

林宜萱、蔡明真、陳宗禮
國立中興大學農藝學系

一、摘要

山葵(*Wasabia japonica*Matsum)為十字花科之多年生草本耐陰植物，對環境需求較特殊，因此大面積田間生產受限，無法供應市場需求導致價格偏高，高經濟價值的山葵極具潛力利用設施進行大量商業生產。本研究主要建立山葵於設施內栽培最適生長條件，進行光反應曲線獲得最適栽培之二氧化碳濃度與光量，並將山葵各部位分別收穫，分析葉片、葉柄、根莖、根部與側芽之產量，並分析山葵各部位黑芥子素與異硫氰酸烯丙酯之含量，評估設施內山葵生產的經濟效益。根據光反應曲線及葉綠素螢光特性，山葵可適合生長於二氧化碳濃度 800 ppm，及光量 228 ~ 400 μmol m^{-2} s^{-1} 的控制環境中。山葵在此生長環境下以氣霧耕栽培 12 個月，平均每個月單株可生產 187.5 g 鮮重葉片、665.5 g 鮮重葉柄、183.8 g 鮮重根、125.3 g 鮮重根莖以及 12.81 g 鮮重側芽，其中葉片為每公克鮮重含 0.51 g 黑芥子素，葉柄為每公克鮮重含 0.22 g 黑芥子素，根部為每公克鮮重含 0.32 g 黑芥子素，根莖為每公克鮮重含 1.56 g 黑芥子素，側芽為每公克鮮重含 1.63 g 黑芥子素，所測得的異硫氰酸烯丙酯以根莖每公斤鮮重含 1840 mg 最高，雖然山葵根莖為主要利用部位，但葉片與葉柄占全株約 75% 鮮重，可考慮利用葉片葉柄，提升利用效率。

關鍵字：山葵；發光二極體；氣霧耕栽培

二、前言

山葵(*Wasabia japonica* Matsum)為十字花科之多年生草本植物，其具有辛辣味的根莖(rhizome)常被用於製造調味品，於日本、中國、紐西蘭與台灣均有栽培(Sultana *et al.*, 2003b)。山葵性喜陰涼多濕之環境下生長，生育溫度為 8 ~ 18℃，最適溫度則為 12 ~ 15℃，夏季氣溫平均超過 23℃時較不適宜栽培(胡，2006)。

山葵全株可分為葉片(leaf)、葉柄(petiole)、根莖、根部(root)與側芽(axillary bud)。山葵全株均可利用，品質著重在香味、辛味、甘味(sweetish)及外觀等特性(胡等，1992)，山葵根莖供鮮食用，根莖具有甘味、鮮味(fresh)與辛辣味(pungent)，根部風味類似於根莖，葉片辣而苦澀，葉柄甜且溫和；山葵葉片、葉柄多用於加工，根莖是其最具有經濟價值之部位，其異硫氰酸酯(isothiocyanates, ITCs)含量較其他部位顯著為高，山

葵特殊風味主要來自異硫氰酸酯，辛辣味最主要來自異硫氰酸烯丙酯(allyl isothiocyanate, AITC)，山葵之異硫氰酸烯丙酯可達全株異硫氰酸酯含量之 89 ~ 94%。異硫氰酸酯除了增添食物的風味外，也常用於醫藥上，已知可預防癌症與抗癌(anti-cancer)，作為抗細菌(anti-bacterial)與抗真菌藥(anti-fungal) (Márton *et al.,* 2013; Sultana *et al.*, 2003a)，異硫氰酸酯與其前驅物硫配糖體(glucosinolates, GSLs)之含量受環境、栽培方法、收穫後保存與加工方式等影響。

山葵在台灣與日本產區均因黑心病嚴重，致可供鮮食比率僅 30 ~ 40%左右，對農民收益影響甚鉅(胡等，1992)，又多數農民採連作，山葵遭受病害問題日漸嚴重(羅等，2000)。山葵黑心病菌(*Phomawasabiae* Yokogi)可危害山葵全株，包括葉片、葉柄、根莖及花軸，根莖及鬚根被害時，表皮呈不規則黑色病斑，剖開內部，可見維管束呈延伸性之黑化條斑。台灣主要山葵栽培區為阿里山鄉，但由於阿里山鄉多屬國有林地，私有地甚少，農民大多在國有林地下耕種，早期政府將山葵視為森林副產物管理，新植一經發現立即剷除，但濫植情形仍繼續擴大，至民國 86 年，林務局決定請濫植人將濫植山葵自行採收並拆除一切設施後，林地收歸林務局(林，2001)，現今由於黑心病盛行，避免連作而暫時休耕也迫使耕地未再使用被政府收回，使山葵耕地面積逐年減少。

由於山葵對環境要求較嚴苛，屬亞熱帶地區之台灣能栽培山葵的地區很少，且田間黑心病盛行也無法進行連作，若使用密閉型設施栽培(closed plant production system)可持續產出並免於遭受黑心病危害，且可控制環境因子如溫度、光量及二氧化碳等來因應山葵對環境之需求，且環控設施水耕或氣霧栽培作物已有許多研究指出可促進營養生長、提升產量與品質(quality)等(Ritter *et al.*, 2001; Farran*et al.*, 2006; Hayden. 2006; Palermo *et al.*, 2011)。山葵在田間栽培需耗時一年半至兩年才可收穫根莖，Sultana *et al.*(2002)於紐西蘭溫室中栽培之山葵其葉柄占全株鮮重約 60%，葉片與根莖約佔全株鮮重 20%，若能在收穫根莖前收穫葉片與葉柄等進行加工可提高其經濟效益。

本研究主要建立山葵於設施內栽培最適生長條件，進行葉綠素螢光分析作為光合作用活性，進行光反應曲線獲得最適栽培之二氧化碳濃度與光量，並將山葵各部位分別收穫，分析葉片、葉柄、根莖、根部與側芽之產量，並分析山葵各部位黑芥子素與異硫氰酸烯丙酯之含量，評估設施內山葵生產的經濟效益。

三、材料與方法

3.1 試驗材料種植

山葵材料為臺農一號/真妻組織培養苗，組培苗定植於馴化培養室，以養液馴化至少 3 星期，再移入植物工場生長室以氣霧栽培，進行生育期的評估。馴化培養室設定的溫度，日溫 25℃，夜溫設為 20℃；二氧化碳濃度設為 600 ppm；光強度為 250 µmol $m^{-2}s^{-1}$，光期則依生長速率調整。馴化培養後置於育苗養成室集中培育，等植株密度

夠大再移至生長室。

3.2 氣霧耕栽培

氣霧耕栽培中各栽培槽的養液供應主要透過噴霧時間和間歇時間調整，達到養液最適供應量。養液配方參考 Hoagland 養液(Hoagland and Arnon, 1950)與台中改良場萵苣配方修改而來。養液 A (control)主要成分為硝酸鈣($Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$)、硝酸鉀(KNO_3)、硝酸銨(NH_4NO_3)、螯合鐵(Fe-EDTA)，硫酸鉀(K_2SO_4)、硫酸鎂($MgSO_4 \cdot 7H_2O$)、磷酸二氫鉀(KH_2PO_4)、硫酸錳($MnSO_4 \cdot H_2O$)、硫酸鋅($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$)、硼酸(H_3BO_3)、硫酸銅($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)與鉬酸鈉($NaMoO_4 \cdot 2H_2O$)，EC = 0.5 ms cm^{-1}時，總溶質潛勢約 0.028 MPa。使用氣霧栽培，噴霧時間停 8 分噴 70 秒，養液 EC 值設定為 0.5 ms cm^{-1}，pH 值為 6 ~ 7 之間。養液 B (+N +S)相較於養液 A 處理提高 N 為 1.37 倍，K 為 1.21 倍，Ca 為 1.26 倍，S 為 1.31 倍。試驗中未特別提出以何種養液栽培者皆為養液 A 處理。

3.3 栽培生長室最佳環控條件組合

山葵組培苗於不同光量下馴化，測定葉綠素與過氧化氫含量，葉綠素含量根據 Wintermans and De Mots (1965)之方法修飾，過氧化氫含量根據 Jana and Choudhuri (1981)之方法修飾；進行葉綠素螢光分析作為光合作用活性，尋找最適馴化光量。光合作用速率與光反應曲線使用光合作用分析儀(CIRAS-2, portable photosynthesis system, PP systems)與攜帶型光合作用測量系統(LI-6400, LI-COR)夾取山葵成熟葉片，測量山葵在二氧化碳濃度 400、800 及 1200 ppm，光量 100、300、500、900、1300 和 1800 μmol m^{-2} s^{-1}之光合作用速率並繪製光反應曲線。葉綠素螢光以攜帶式葉綠素螢光測定儀(portable chlorophyll fluorometer, mini-pam, Walz, Germany)測定葉綠素螢光。以 10 葉齡山葵為材料，進行光反應曲線、二氧化碳反應曲線、養分吸收反應曲線以及溫度(日、夜、根溫)生長函數，尋求環控條件最佳化組合，應用於生長室，以達到山葵栽培最大生產潛能。

四、結果與討論

4.1 設施內山葵最適栽培光量與二氧化碳濃度

為了解山葵對光能的捕捉利用效率及設施內最適之二氧化碳濃度，於定植後約 5 個月時，在二氧化碳濃度 400、800 及 1200 ppm，光量 100、300、500、900、1300 和 1800 μmol m^{-2} s^{-1}進行光合作用速率測定，以獲得光反應曲線(圖一)，後可經由曲線算出在二氧化碳濃度 400 ppm 下，最大光合作用速率(maximum photosynthetic rate, Vmax)為 13.63 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}，1/2 Vmax 為 6.81 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}，Km 值為 422.2 μmol m^{-2} s^{-1}，也就是欲達到最大光合作用速率之一半時需要光量 422 μmol m^{-2} s^{-1}，起始斜率(initial slope)為 0.029 CO_2 $photon^{-1}$；二氧化碳濃度為 800 ppm 下，Vmax 為 18.62 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}，1/2 Vmax 為 9.31 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}，欲達到最大光合作用速率之一半時需

要光量 228 μmol m^{-2} s^{-1}，起始斜率 0.054 CO_2 photon^{-1}；二氧化碳濃度為 1200 ppm 下，Vmax 為 20.72 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}，1/2 Vmax 為 10.36 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}，欲達到最大光合作用速率之一半時需要光量 298 μmol m^{-2} s^{-1} ，起始斜率 0.046 CO_2 photon^{-1} (表一)，。

山葵在二氧化碳濃度 800 ppm 與 1200 ppm 的環境下，在光量 100 與 300 μmol m^{-2} s^{-1} 時光合作用速率均顯著高於 400 ppm (P value < 0.05)，而在其他光量 500、900、1300 和 1800 μmol m^{-2} s^{-1} 下之光合作用速率則與 400 ppm 無顯著差異。由於山葵在二氧化碳濃度 800 ppm 與 1200 ppm 之光合作用速率(圖一)、最大光合作用速率與起始斜率無明顯差異(表一)，故認為設施內二氧化碳 800 ppm 即可，不需達到 1200 ppm，由於光量受設施層架高度與電費等限制，無法達到高光量，為使植株光合作用速率至少達到最大光合作用速率之一半，栽培光量高於 228 μmol m^{-2} s^{-1} 為佳。

將定植 5 個月之山葵植株分別置於 100、250 與 400 μmol m^{-2} s^{-1} 三個光量照射下進行葉綠素螢光測定，可獲得光照下最小螢光值(minimal fluorescence, Fo')、光照下最大螢光值(maximal fluorescence, Fm')、PSII 光量子產量(quantum yield of PSII, ΦPSII)與非光化學消散(non-photochemical quenching, NPQ)。100 μmol m^{-2} s^{-1} 之 Fo'值為 0.313，Fm'值為 0.937，ΦPSII 為 0.664，NPQ 為 0.736；250 μmol m^{-2} s^{-1} 光照下之 Fo'值為 0.308，Fm'值為 0.879，ΦPSII 為 0.649，NPQ 為 0.752；400 μmol m^{-2} s^{-1} 光照下之 Fo'值為 0.336，Fm'值為 0.832，ΦPSII 值為 0.595，NPQ 值為 0.766 (表二)。

100、250 與 400 μmol m^{-2} s^{-1} 三個光量下之 Fo'值沒有顯著差異；100 μmol m^{-2} s^{-1} 光照下之 Fm'值顯著高於 250 μmol m^{-2} s^{-1}，250 μmol m^{-2} s^{-1} 光照下之 Fm'值顯著高於 400 μmol m^{-2} s^{-1}；100 與 250 μmol m^{-2} s^{-1} 光照下之 ΦPSII 值顯著高於 400 μmol m^{-2} s^{-1}；400 μmol m^{-2} s^{-1} 光照下之 NPQ 值顯著高於 100 與 250 μmol m^{-2} s^{-1} (表二)。由表一與圖一可知栽培光量需高於 228 μmol m^{-2} s^{-1} 為佳，表二可知 100 與 250 μmol m^{-2} s^{-1} 為較適當之栽培光量，綜合以上結果，本研究認為栽培光量在 228 ~ 400 μmol m^{-2} s^{-1} 較為適合。

4.2 山葵之植株性狀調查

山葵定植 1 月時葉片數為 6.0 片，定植 2 月為 10.5 片，定植 3 月為 19.8 片，定植 4 月為 29.5 片，定植 5 月為 48.9 片，定植 6 月為 59.6 片，定植 7 月為 69.9 片，定植 8 月為 83.9 片，定植 9 月為 115.9 片，定植 10 月為 147.9 片，定植 11 月為 170.3 片，定植 12 月為 201.5 片(表三)。

株高在定植 1 月時為 9.3 公分，定植 2 月為 15.1 公分，定植 3 月為 18.8 公分，定植 4 月為 23.9 公分，定植 5 月為 30.0 公分，定植 6 月為 32.5 公分，定植 7 月為 35.8 公分，定植 8 月為 37.4 公分，定植 9 月為 38.4 公分，定植 10 月為 39.3 公分，定植 11 月為 38.8 公分，定植 12 月為 39.5 公分，受限於設施內層架高度，株高可能已至極限(表三)。

山葵全株與各部位鮮重均逐月提升(表四)，全株鮮重定植 6 月時 404.6 公克，定植 7 月時 457.2 公克，定植 8 月時 757.9 公克，定植 9 月時 938.0 公克，定植 10 月時 1148.3 公克，定植 11 月 1274.25 公克 (表四)。定植 4 個月時已有根莖形成，根莖鮮

重定植 6 月時 38.8 公克，定植 7 月時 41.6 公克，定植 8 月時 61.9 公克，定植 9 月時 80.4 公克，定植 10 月時 89.6 公克，定植 11 月 105.6 公克 (表四)。葉片鮮重定植 6 月時 117.6 公克，定植 7 月時 137.1 公克，定植 8 月時 187.6 公克，定植 9 月時 207.7 公克，定植 10 月時 257.1 公克，定植 11 月 242.7 公克。葉柄鮮重定植 6 月時 198.8 公克，定植 7 月時 207.2 公克，定植 8 月時 399.0 公克，定植 9 月時 483.2 公克，定植 10 月時 597.0 公克，定植 11 月 687.1 公克 (表四)。根部鮮重定植 6 月時 44.5 公克，定植 7 月時 65.9 公克，定植 8 月時 100.1 公克，定植 9 月時 155.4 公克，定植 10 月時 195.2 公克，定植 11 月 229.2 公克。分芽鮮重定植 6 月時 4.96 公克，定植 7 月時 5.42 公克，定植 8 月時 9.34 公克，定植 9 月時 11.25 克，定植 10 月時 9.37 公克，定植 11 月 9.63 公克。

本設施內栽培之山葵定植 12 月後全株鮮重已至 1274.3 公克，葉片鮮重 187.5 公克，葉柄鮮重 665.5 公克，根部鮮重 183.8 公克，根莖鮮重 125.3 公克，分芽鮮重 12.51 公克，可知全株鮮重中占最高比例為葉柄鮮重(52.2%)，其次為葉片(14.8%)、根部(14.4%)，再來為根莖(9.8%)，最後為分芽(1.0%)。

4.3 設施內山葵之成分

山葵全株均可利用，其品質著重在香味、辛味、甘味及外觀等特性(胡等，1992)，山葵特殊風味主要來自異硫氰酸酯，辛辣味最主要來自異硫氰酸烯丙酯，以其前驅物黑芥子素含量作為一指標。山葵組培苗馴化四周後，定植於設施內進行氣霧耕栽培，環境設定如材料方法中所示，定植 6 個月後開始進行植株各部位黑芥子素分析(表五)。

植株各部位鮮重之黑芥子素含量部分(表五)，定植 6 月葉柄黑芥子素含量為 0.27 mg g-1 FW，葉片黑芥子素含量為 0.16 mg g-1 FW，根部黑芥子素含量為 0.04 mg g-1 FW，根莖黑芥子素含量為 0.53 mg g-1 FW，因沒有取樣到側芽故無側芽黑芥子素含量資料，定植 6 月之根莖黑芥子素含量(mg g-1 FW)最高，其次為葉柄，葉片與根部含量無顯著差異。定植 7 月葉柄黑芥子素含量為 0.07 mg g-1 FW，葉片黑芥子素含量為 0.28 mg g-1 FW，根部黑芥子素含量為 0.09 mg g-1 FW，根莖黑芥子素含量為 1.5 mg g-1 FW，側芽黑芥子素含量為 0.29 mg g-1 FW，定植 7 月之根莖黑芥子素含量(mg g-1 FW)最高，其次為葉片，側芽含量與葉片、葉柄及根部無顯著差異，根部與葉柄含量最低。定植 8 月葉柄黑芥子素含量為 0.19 mg g-1 FW，葉片黑芥子素含量為 0.36 mg g-1 FW，根部黑芥子素含量為 0.10 mg g-1 FW，根莖黑芥子素含量為 1.63 mg g-1 FW，側芽黑芥子素含量為 0.22 mg g-1 FW，定植 8 月之根莖黑芥子素含量(mg g-1 FW)最高，其次為葉片，再來為側芽，側芽與葉柄含量無顯著差異，根部含量最低。定植 9 月之葉柄黑芥子素含量為 0.5 mg g-1 FW，葉片黑芥子素含量為 0.58 mg g-1 FW，根部黑芥子素含量為 0.44 mg g-1 FW，根莖黑芥子素含量為 3.13 mg g-1 FW，側芽黑芥子素含量為 1.50 mg g-1 FW，定植 9 月之根莖黑芥子素含量(mg g-1 FW)最高，其次為側芽、葉片與葉柄，葉片與葉柄含量與根部無顯著差異。定植 10 月之葉柄黑芥子

素含量為 0.48 mg g-1 FW，葉片黑芥子素含量為 0.59 mg g-1 FW，根部黑芥子素含量為 0.6 mg g-1 FW，根莖黑芥子素含量為 2.8 mg g-1 FW，側芽黑芥子素含量為 9.93 mg g-1 FW，定植 10 月之根莖黑芥子素含量(mg g-1 FW)均顯著高於側芽、葉柄與葉片。定植 11 月之葉柄黑芥子素含量為 0.86 mg g-1 FW，葉片黑芥子素含量為 0.14 mg g-1 FW，根部黑芥子素含量為 0.09 mg g-1 FW，根莖黑芥子素含量為 2.40 mg g-1 FW，側芽黑芥子素含量為 2.11 mg g-1 FW，;定植 12 月之葉柄黑芥子素含量為 0.22 mg g-1 FW，葉片黑芥子素含量為 0.51 mg g-1 FW，根部黑芥子素含量為 0.32 mg g-1 FW，根莖黑芥子素含量為 1.56 mg g-1 FW，側芽黑芥子素含量為 1.63 mg g-1 FW；定植 12 月之之根莖與側芽黑芥子素含量(mg g-1 FW)均顯著高於葉柄、葉片與葉柄。

另將山葵各部位進行異硫氰酸烯丙酯含量分析，得到葉片異硫氰酸烯丙酯平均含量為 585.10 mg kg-1 FW，葉柄異硫氰酸烯丙酯平均含量為 243.92 mg kg-1 FW，根莖異硫氰酸烯丙酯平均含量為 1840.35 mg kg-1 FW，根部異硫氰酸烯丙酯平均含量為 212.61 mg kg-1 FW，側芽異硫氰酸烯丙酯平均含量為 972.06 mg kg-1 FW (表六)，根莖之異硫氰酸烯丙酯含量最高，其次為側芽、葉片與葉柄，根部最低。

五、結論

本研究指出山葵以密閉型設施加上氣霧栽培可提升山葵產量，並加快山葵生長速度，且不會受到病蟲危害導致產量降低，每月可收穫地上部之葉片葉柄產出以增加經濟收益。綜合年度試驗結論如下：

1. 已成功建立植物工場內山葵氣霧耕栽培生產技術一套，可供生產業者應用。
2. 建立植物工場山葵正常生長的環控參數，提供植物工場生產業者引用。。
3. 未來需建立養液回收系統並利用自然光以降低水電等成本耗費。
4. 持續找出山葵在室內栽培降低成本及提高產量與品質之栽培模式。

六、參考文獻

1. 胡敏夫。2006。山葵。台灣農家要覽農作篇(二)。行政院農業委員會。pp. 287-294。
2. 胡敏夫、王昭月、劉慧瑛。1992。臺灣主要山葵栽培品種(系)間品質之評價。中華農藝研究。41: 35-42。
3. 羅朝村、王貴美。2000。台灣山葵地上部之真菌病害種類與發生調查。植物病理學會刊。9: 17-22。
4. Farran, I. and A. M. Mingo-Castel. 2006. Potato minituber production using aeroponics: effect of plant density and harvesting intervals. Am. J. Potato Res. 83: 47-53.
5. Hayden, A. L. 2006. Aeroponic and hydroponic systems for medicinal herb, rhizome,

and root crops. HortScience 41: 536-538.

6. Hoagland, D. R. and D. I. Arnon. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. Calif. Agr. Expt. Sta. Circ. 347:1-32.
7. Jana, S. and M. Choudhuri. 1981. Glycolate metabolism of three submerged aquatic angiosperms during aging. Aquat. Bot. 12: 345-354.
8. Márton, M. R., A. Krumbein, S. Platz, M. Schreiner, S. Rohn, A. Rehmers, V. Lavric, V. Mersch-Sundermann, and E. Lamy. 2013. Determination of bioactive, free isothiocyanates from a glucosinolate-containing phytotherapeutic agent: A pilot study with in vitro models and human intervention. Fitoterapia 85: 25-34.
9. Palermo, M., R. Paradiso, S. D. Pascale, and V. Fogliano. 2011. Hydroponic cultivation improves the nutritional quality of soybean and its products. J. Agric. Food Chem. 60: 250-255.
10. Ritter, E., B. Angulo, P.Riga, C. Herran, J. Relloso, and M. S. Jose. 2001. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers. Potato Res. 44: 127-135.
11. Sultana, T., D. L. McNeil, N. G. Porter, and G. P. Savage. 2003a. Investigation of isothiocyanate yield from flowering and non-flowering tissues of wasabi grown in a flooded system. J. Food Comp. Anal. 16: 637-646.
12. Sultana, T., N. G. Porter, G. P. Savage, and D. L. McNeil. 2003b. Comparison of isothiocyanate yield from wasabi rhizome tissues grown in soil or water. J. Agric. Food Chem. 51: 3586-3591.
13. Sultana, T., G. P. Savage, D. L. McNeil, and N. G. Porter. 2002. Effects of fertilization on the ally isoyhiocyanate profile of above-ground tissuses of New Zealand-grown wasabi. J. Sci. Food Agric. 82: 1477-1482.
14. Wintermans, J. F. and A. De Mots. 1965. Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol. Biochim. Biophys. Acta. 109: 448-453.

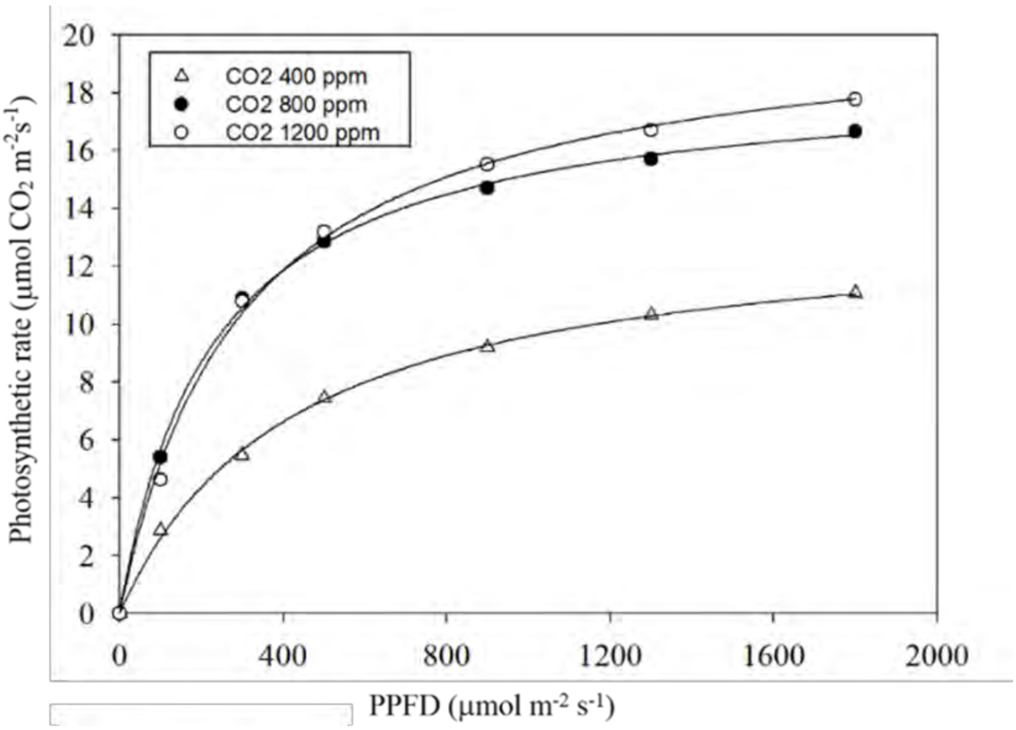


圖 1 山葵在不同二氧化碳濃度下之光反應曲線

表 1 山葵在不同二氧化碳下光反應特性

CO_2 (ppm)	Vmax (μmol CO_2 m^{-2} s^{-1})	1/2 Vmax (μmol CO_2 m^{-2} s^{-1})	Km (μmol m^{-2} s^{-1})	Initial slope (CO_2 $photon^{-1}$)
400	13.63	6.81	422.2	0.029 **b**
800	18.62	9.31	227.9	0.054 **a**
1200	20.72	10.36	297.9	0.046 **a**

山葵定植 5 個月後進行光合作用速率測定。以最小顯著差異測驗法(Fisher's least significant difference method, LSD)進行不同二氧化碳濃度下光反應特性之比較，不同字母表示具有顯著差異(P value < 0.05)。

表 2 山葵光照下之葉綠素螢光特性

Light intensity (μmol m^{-2} s^{-1})	Fo'	Fm'	ΦPSII	NPQ
100	0.313	0.937 **a**	0.664 **a**	0.736 **c**
250	0.308	0.879 **b**	0.649 **a**	0.752 **b**
400	0.336	0.832 **c**	0.595 **b**	0.766 **a**

定植 5 個月後進行不同光量照射下之葉綠素螢光測定。以最小顯著差異測驗法(Fisher's least significant difference method, LSD)進行不同光量照射下光照下最小螢光值(minimal fluorescence, Fo')、光照下最大螢光值(maximal fluorescence, Fm')、PSII 光量子產量(quantum yield of PSII, ΦPSII)及非光化學消散(non-photochemical quenching, NPQ)之比較，不同字母表示具有顯著差異(P value < 0.05)。

表 3 山葵定植後葉片數、株高

定植後時間(月)	葉片數(片)	株高(公分)
0 個月	5.4 ± 0.97	8.29 ± 1.07
1 個月	6.0 ±0.82	9.31 ± 1.05
2 個月	10.5 ± 2.17	15.13 ± 2.84
3 個月	19.8 ± 3.88	18.75 ± 2.63
4 個月	29.5 ± 6.85	23.9 ± 3.48
5 個月	48.9 ±13.69	30.04 ± 2.5
6 個月	59.6± 18.07	32.49 ± 1.89
7 個月	69.9± 48.71	35.84 ± 1.65
8 個月	83.9 ±39.95	37.42 ± 6.17
9 個月	115.9 ±49.51	38.42 ±4.20
10 個月	147.9 ± 60.55	39.25± 6.67
11 個月	170.3±59.08	38.77±4.77
12 個月	201.5 ± 44.31	39.54± 8.89

表 4 山葵植株各部位鮮重

定植後時間(月)	葉片鮮重(公克)	葉柄鮮重(公克)	根部鮮重(公克)	莖部鮮重(公克)	分芽鮮重(公克)	全株鮮重(公克)
6 個月	117.6±55.45	198.8±118.7	44.5±22.7	38.8±20.6	4.96±8.75	404.6±211.6
7 個月	137.1±104.6	207.2±170.8	65.9±38.9	41.6±38.7	5.42±7.24	457.2±343.3
8 個月	187.6±54.2	399.0±100.7	100.1±23.7	61.9±28.5	9.34±2.42	757.9±225.9
9 個月	207.7±74.1	483.2±97.3	155.4±41.5	80.4±18.3	11.25±6.88	938.0±147.2
10 個月	257.1±94.3	597.0±110.2	195.2±33.6	89.6±25.6	9.37±7.01	1148.3±413.0
11 個月	242.7±64.6	687.1±178.7	229.2±30.7	105.6±30.7	9.63±8.21	1247.2±243.5
12 個月	187.5±45.3	665.5±132.2	183.8±30.6	125.3±29.3	12.81±10.25	1274.3±322.5

表 5 設施栽培山葵之黑芥子素含量

定植月數	葉柄	葉片	根部	根莖	側芽
黑芥子素含量(mg g^{-1} FW)					
6	0.27**b**	0.16**bc**	0.04**c**	0.53 **a**	-
7	0.07**c**	0.28 **b**	0.09**c**	1.50**a**	0.29 **bc**
8	0.19 **cd**	0.36**b**	0.10 **d**	1.63**a**	0.22 **c**
9	0.50**bc**	0.58**bc**	0.44 **c**	3.13 **a**	1.50 **b**
10	0.48**b**	0.59 **b**	0.60**b**	2.80 **a**	0.86**b**
11	0.14 **b**	0.32 **b**	0.09 **b**	2.40 **a**	2.11**a**
12	0.22 **b**	0.51 **b**	0.32 **b**	1.56 **a**	1.63 **a**

山葵馴化 4 周後定植，在二氧化碳 800 ppm，光量 300 μmol m^{-2} s^{-1} 下生長，以最小顯著差異測驗法(Fisher's least significant difference method, LSD)進行同一月份不同部位黑芥子素含量之比較，不同字母表示具有顯著差異(P value < 0.05)。

表 6 設施栽培山葵之異硫氰酸烯丙酯含量

定植月數	異硫氰酸烯丙酯含量(mg kg^{-1} FW)				
	葉片	葉柄	根莖	根部	分芽
9	811.19	210.91	2173.67	403.23	743.67
10	395.75	210.09	1400.81	72.05	1317.52
11	548.36	310.77	1946.58	162.56	854.99
平均	585.10±129.52	243.92±44.03	1840.35±260.7	212.61±62.14	972.06±248.47

水簾設施在菇類產業之應用

呂昀陞、石信德、陳美杏、李瑋崧
農業試驗所植物病理組

一、摘要

近年由於氣候變遷導致傳統菇舍內菇類產量下跌，進而使得價格高漲，為解決全球暖化導致傳統菇類產業之困境，本研究應用水簾降溫設施改善來達到調節環境之效果，試驗結果顯示在水濂溫室中之有 7 個香菇菌株產量超過 300 g，而雪耳最佳之產量亦可達 260.7 g，此些結果顯示應用水簾降溫設備可有效應用於香菇與雪耳之生產，並可協助克服氣候暖化對傳統菇舍菇類之影響。

關鍵字：香菇、雪耳、水簾

二、前言

台灣新鮮菇類年產量已超過 14 萬公噸，產值超過 137 億，佔整體蔬菜產值之 16.5%，為國內重要農產業之一。菇類相對於在田間栽培的農作物，比較不會受到颱風來襲的影響，主要的原因是在台灣菇類皆是在設施內進行栽培。栽培菇類之設施通稱為菇舍(或菇寮)，若以對菇類栽培環境控制能力之差異主要可將菇舍分為傳統型、簡易環控與全環控等三大類，其中全環控菇舍主要栽培菇類包含金針菇、杏鮑菇、鴻喜菇、美白菇(或白精靈)與洋菇等，此類型之設施由於環控設備齊全，因此可控制不同栽培時期之溫度、濕度、二氧化碳濃度與光照等栽培於相關設施與設備的投資額較高，因此目前須具備有相當資本額之栽培業者才有辦法投入，且出現資本化與集中化之趨勢，以國內金針菇為例，業者須投資上億元以上之經費進行菇舍之建置與自動化生產，國內每年可生產 3 萬~3 萬 5 千公噸，但由於資本額較大，因此栽培業者大約在 20 戶左右。對於而一般農戶而言，資本不夠雄厚，因此多半選擇以傳統菇舍進行栽培，而其主要栽培菇種包含香菇、木耳類、草菇或是冬季種植洋菇等，由於其投入之相關設施成本較低，因此栽培戶數較多，整體栽培戶數為我國菇類產業總戶數之 68%，佔整體產值之 49.28%，接近我國菇類產值之一半。然近年來由於受到氣候變遷之影響，使得利用傳統菇舍栽培之菇種在產量與品質皆有明顯下滑，例如香菇因暖冬而使得菌絲生長受阻影響產量，而木耳又因春天強烈寒流來襲使得氣溫與濕度不足造成產量損失，使得這些菇農之生計受到嚴重影響，為避免目前持續發生的極端氣候條件對以傳統菇舍栽培之菇類造成影響，因此亟需對於傳統菇類設施進行改進。

水簾降溫設施主要是透過“水蒸發吸收熱量”之原理來降溫，利用紙制蜂窩結構材

料製成之水簾，讓水在重力的作用下從上往下流過水簾，使水在濕簾波紋狀的纖維表面形成水膜，再利用快速流動的空氣穿過濕簾時，讓水膜中的水會吸收空氣之熱量，然後使水蒸發並將空氣之大量的潛熱帶走，藉此將經過濕簾的空氣溫度降低，而每蒸發 1 公升的水可帶走熱量 1,878 千焦耳，因此當溫室內空氣將此些熱量提供水使之蒸發後，則空氣的溫度即可下降，但被蒸發之水氣若無法被順利排除，則會提升溫室內之相對濕度，當相對溼度達到飽和時，蒸發作用無法進行，則溫度無法順利下降，因此需要透過風機將吸收熱量產生之水氣抽走，藉以維持環境內相對溼度不要達到飽和，如此降溫效果方可提升，同時，由於水氣在被抽離的過程中會經過設施，因此可保持設施內之水氣，不會使環境相對濕度過低，加上設置成本較低，故此技術相當適合傳統菇舍應用。因此本研究擬應用水簾降溫設施開發傳統菇類如香菇與雪耳之栽培技術。

三、材料與方法

3.1 溫室加設水簾降溫設備之建置

本研究為了建置適合菇類栽培之水簾溫室，因此利用本所現有之溫室(長 16.2 m、寬 6.3 m、高 3.2 m)，於該設施之後方裝設一個高 2 公尺、寬 6 公尺，面積為 12 m^2 之水簾，水簾下緣離地面 0.5 m，並在溫室前方裝設一組抽風量為 40,000 CMH 之負壓風扇進行抽風，建置完成後，分別在內部裝設溫度與濕度感測器進行環境監測，藉以評估水簾降溫設備對環境改善之效率。

3.2 香菇太空包製作與栽培

本研究為評估所建置水簾降溫設施應用於香菇栽培之可行性，因此製作香菇太空包並進行栽培試驗。試驗使用之太空包配方為木屑 70%、米糠 14%、粉頭 20%與碳酸鈣 1%，所有配料利用混合機混合均於後，調整含水量約 63%後，再利用製包機壓製太空包，並套上頸環與蓋上蓋子，每 12 個太空包為一框，再放入高溫高壓滅菌釜中，以 121℃，1.5 公斤大氣壓進行滅菌 2 小時，待滅菌與放冷完成後，接入香菇菌種並移入栽培室，在以 22℃之溫度進行菌絲培養，經 45 天菌絲走透太空包後，再移入水簾溫室中，以每日早上 7 點至晚上 7 點開啟水簾設備之方式處理，進行光照轉色，再經 45 天後，進行開袋刺激出菇，開袋後之水簾設備控制與轉色期相同，但每日早晚進行澆水 3 分鐘進行補水，待 7 天後菇體產生，再經 7 天即可採收，採收後經休養 21 天後再次刺激出菇，整體產量統計以採收 3 次為準。

3.3 雪耳太空包之製作與栽培

本研究為評估所建置水簾降溫設施應用於雪耳栽培之可行性，因此製作雪耳太空包並進行栽培試驗。試驗使用之太空包配方為木屑、米糠、粉頭與碳酸鈣等，將材料分別依不同比例製成 3 種配方，所有配料利用混合機混合均於後，調整含水量約 63%後，再利用製包機壓製太空包，並套上頸環與蓋上蓋子，每 12 個太空包為一框，再

放入高溫高壓滅菌釜中，以 121℃，1.5 公斤大氣壓進行滅菌 2 小時，待滅菌與放冷完成後，接入雪耳菌種並移入栽培室，在以 22℃之溫度進行菌絲培養，經 45 天菌絲走透太空包後，再移入水簾溫室中，以每日早上 7 點至晚上 7 點開啟水簾設備之方式處理，進行開袋刺激出菇，內部利用自動噴水設備每 20 分鐘噴 1 分鐘進行補水，待 7 天後菇體產生，再經 7 天即可採收，採收後經休養 14 天後再次刺激出菇，整體產量統計以採收 3 次為準。

四、結果與討論

4.1 水簾降溫設備對溫室環境之影響

為了解所建置之水簾降溫設備對於溫室環境之影響，因此於設置完成後於 5 月至 8 月期間對此設施之環境資料進行收集，結果顯示期間之平均溫度為 27~29℃，而平均濕度為 86~89%之間，雖然在記錄期間最高溫度可達 40~41.5℃，且最低濕度降至 36.95~37.11%(如，表一)，但經確認後發現該時期為設施出現問題水簾無法正常供水所致，在設備正常之情形的確可有效降低溫室之氣溫與提高環境之濕度。

4.2 水簾降溫設備應用於香菇栽培之情形

為了解香菇是否適合以水濂溫室栽培，因此本研究本所目前所選育之耐熱品種配合水濂溫室來進行栽培試驗，將培育 120 天轉色後之香菇太空包進行出菇試驗，其栽培期間之環境資料如表二，期間內部平均溫度在 18.8~24.6℃之間，最高溫度為四月份為 30.5℃，而此期間內部之環境參數溫度介於 15.2~30.5℃間，濕度平均約為 85.1~89.3%，試驗之結果顯示供試菌株之產量介於 241.84±20.58~370.52±27.24 g 每包，其生物效率為 50.38%~77.19%間，其中以菌株代號武香 X922-23 之產量與生物效率最高，而生物效率在 70%以上之菌株有 4 株，顯示現有之水濂設備相當適合提供供試之香菇菌株生產，未來極具有發展之潛力。本試驗首先利用本所選育之耐熱品系來進行水濂溫室是由於水濂溫室降溫效果有限，如偶遇較高之環境溫度容易使得香菇菌絲受損，影響測試之結果，而本年度在栽培前期未遇到明顯之高溫，但到四月以後環境溫度偶有超過 30℃以上之高溫，所幸藉由水濂溫室之效能可將溫室內部溫度控制在 28℃以內，雖然如此高溫以不適合香菇出菇，但對香菇菌絲也無明顯之傷害。另外今年由於冬季與初春降與不顯著，因此連帶使得環境濕度不足，因此影響新社等地之香菇產量，當地業者評估產量約在 200 g 以下，但本研究所使用之水濂溫室由於濕度容易維持，因此產量皆在 240 g 以上，且多數突破 300 g，顯見適當調控環境條件將有助於維持香菇生產之效能。

4.3 水簾降溫設備應用於雪耳栽培之情形

應用水濂溫室進行雪耳栽培之結果顯示，此一設備確實可應用於雪耳栽培之用，但其產量與太空包配方及開包方式有相當之關連性，在配方上雪耳太空包之輔料添加比例越高其產量越高，而開包方式對於出菇產量也有所影響，目前在水濂溫室測試之

結果顯示，以配方三並利用V字型割袋之產量最高可達 260.70 g/包(如表一)。雪耳開包方式與產量之影響應與其耳片舒展有關，由於利用 V 字型割袋可讓耳片順利舒展且不會受袋子壓迫，因此產量較高，目前在大陸地區栽培木耳之方式多是利用懸吊並將太空包塑膠袋刺洞，藉以讓木耳自洞孔順利長出之原理相同。在柯氏之研究中曾發現添加豆粕含量越高除可使木耳產量提升外，對於其蛋白質含量與多糖含量皆會有增加之情形，顯示營養對於木耳的產量與品質皆會有所影響，而本研究也發現營養較高之配方三可獲得較高之產量，與柯氏等人之研究結果相同。

五、結論

水簾降溫設備目前已廣泛用於園林花卉、溫室等高溫悶熱需要節能通風降溫等大型場所。其原理是：水簾降溫技術主要是根據自然界水蒸發吸熱、負壓通風降溫的原理。水簾和風機分別裝在出菇溫室的兩面房上，風機轉動抽風時，使房的空氣形成負壓，一方面迅速排走房內的熱氣，另一方面，迴圈水流經水簾，在水濂紙表面形成水膜，風快速穿過水簾紙時，產生蒸發吸熱的物理現象，使清涼、新鮮、含氧量高的空氣源源不斷地進入溫室內，人為再現生態式的迴圈效果，使菇類菌絲和子實體處於“自然”的環境中正常生長。

本研究利用水簾溫室來進行香菇與雪耳栽培，試驗結果中顯示測試之香菇菌株中有 7 個菌株產量高於 300 g，顯示以水濂溫室應可作為香菇生產之設施。但監測 5~8 月之水濂溫室條件，顯示現有之水濂溫室在夏季時仍無法有效降低溫度已達出菇之需求，因此未來如未增加相關設備，則可能僅可供作香菇太空包養菌之用。而在栽培雪耳部分亦顯示水簾溫室可供雪耳栽培之用，但其產量除與環境有關外在開包方式與營養配比皆有相關性，因此未來可進一步探討適合水簾溫室栽培雪耳之最適配方。

六、參考文獻

1. 木村榮一。2015。日本的香菇工廠化栽培。食藥用菌 23:157~161。
2. 柯麗娜、袁濱、張志鴻。2016。栽培基質添加豆粕對白背毛木耳產量及品質的影響。南方農業學報 47：980-983。
3. 劉葉高、蔡紹金、杜軍、楊彬、陳高汕。2014。水簾降溫技術及在香菇工廠化周年栽培上的應用成效。食用菌 2014：11-12。
4. 賴建州、周廷弘、梁連勝。1997。太空包香菇環控立體多層栽培生產之研究。中華農業研究 46:158-166。
5. 廖英明。1984。低海拔香菇品系之育種。台灣農業研究 33:292-305
6. Abe, M.　2007. Effect of the light emitting diode irradiation on mycelial growth and yield of shiitake(*Lentinula*edodes)MushroomSci. Biotech. 15:103-108.

7. Chang, S. T. 2002. Past and present trends in the production of *Lentinulaedodes*in Asia.Pages1-8, In: Sanchez, J. E. etal. (eds), Mushroom Biology and Mushroom Products, Cuernavaca, Mexico.
8. Oei, P. 2003. *Lentinulaedodes*(shiitake) cultivation on sterilized substrates (Hsu,Lou,2003) on wood logs, in Mushroom Cultivation. 3rded. Lediden, the Netherlands: Backhuys. pp. 303-341.
9. Pacumabab, R. P., and Pacumbaba, Jr.R. O.1999.Growing shiitake mushroom on hardwood sawdust in the greenhouse. Hortechnology 9:91-94.
10. Yamauchi, T., Ayusawa, S., Eda, K., Iizuka, K., Yokota, S., Ishiguri, F., Yoshizawa, N.2009. Flushing control of fruit bodies by temperature and moisture content in sawdust-based cultivation of *Lentinulaedodes.* Mushroom Sci. Biotech. 17:19-23.

表一、水簾降溫設施對溫室環境之影響

月份	溫度			濕度		
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值
5 月	26.99±2.43	34.55	23.62	89.10±9.26	98.5	55.62
6 月	28.66±2.98	40.24	23.81	86.43±12.71	100	36.95
7 月	29.01±2.73	41.51	24.25	88.45±11.39	100	37.11
8 月	28.34±2.77	35.70	22.71	88.69±10.28	100	59.50

表二、水簾降溫設施應用於香菇栽培時之溫室環境資料

月份	平均溫度	最高溫	最低溫	平均濕度
12	20.4	26.1	15.5	88.7
01	18.8	24.2	15.3	85.5
02	19.4	27.4	15.2	85.9
03	21.8	26.7	18.2	89.3
04	24.6	30.5	19.7	85.1

表三、應用水簾降溫設備栽培香菇之結果

菌株代號	每包平均鮮重 (g)	每包平均朵數 (朵)	生物效率(%)
武香 X 922-1	322.34 ± 22.39 bc	18.49 ± 1.4047 a	67.15
武香 X 922-2	311.61 ± 38.32 bc	15.02 ± 1.8344 c	64.92
武香 X 922-5	241.84 ± 20.58 d	10.78 ± 1.7873 d	50.38
武香 X 922-11	357.20 ± 28.67 a	18.78 ± 2.0288 a	74.42
武香 X 922-18	289.74 ± 32.93 c	14.39 ± 1.7185 c	60.36
武香 X 922-20	312.84 ± 30.44 bc	15.56 ± 1.8558 bc	65.18
武香 X 922-22	339.45 ± 16.34 ab	17.42 ± 1.6487 ab	70.72
武香 X 922-23	370.52 ± 27.24 a	18.97 ± 2.4795 a	77.19
武香 X 922-29	362.27 ± 53.45 a	18.85 ± 2.4461 a	75.47

表四、應用水簾降溫設被栽培雪耳之結果

配方	開包方式	
	V 字型割袋(g/bag)	橫放開包(g/bag)
1	117.02	102.3
2	141.71	94
3	260.70	125.67

圖一、利用水濂溫室配合層架進行香菇立體化栽培之情形

圖二、利用水濂溫室配合層架進行雪耳栽培之情形

溫室番木瓜矮化高產技術之研究

黃士晃
行政院農委會臺南區農業改良場

一、摘要

本試驗以番木瓜‘臺農 2 號’扦插苗、嫁接苗及組織培養苗等 3 種無性繁殖苗為材料，定植於塑膠布溫室中，分別再以拉倒、剖倒及對照組等 3 種方式進行倒株處理，調查其對溫室木瓜生育之影響。結果顯示不同種苗間，以扦插苗及嫁接苗較為矮生，開花及採收較早，結果位置低且結果數高於組培苗。不同倒株處理間，剖倒及拉倒處理均能顯著降低植株高度及縮短節間長，但結果數以未矮化對照組較高。考量達到矮化並兼具高產效果，建議溫室栽培可採用扦插苗配合拉倒處理。

關鍵字：番木瓜、設施生產、矮化

二、前言

番木瓜是台灣重要熱帶果樹，能周年供果且產量高，然番木瓜生產因易受病毒病危害，需使用網室栽培來隔絕帶病蚜蟲(王,1991)，網室栽培雖能避免病毒病感染，但每年的梅雨季及颱風季帶來的豪雨及強風，則容易雨害導致果實病害腐爛或植株淹水萎凋，或因風害造成植株斷折受損及網室結構損壞等情形發生，以致於番木瓜無法周年穩定供果及拓展外銷市場(黃;2012;黃,2014)。溫室栽培能降低天然災害對番木瓜的影響及降低田間與儲藏病害發生(黃,2016)，然因設施成本高，且在溫室高溫環境下，番木瓜植株容易徒長及結果不良，會影響產量及降低溫室利用效率。番木瓜常使用倒株栽培矮化番木瓜植株，降低結果位置，以延長植株採收期限(王,1994)，使用扦插苗、嫁接苗及組織培養苗等無性苗種植亦可矮化結果節位及確保兩性株，節省種苗及管理成本(張及廖,1994;張及呂,1997;黃等人,2009;黃等人,2014)。因此為求提高溫室單位面積產能及增加利用效率，本試驗探討不同無性繁殖苗與配合不同倒株方式對木瓜生育之影響，以建立能矮化植株且保有高產之栽培模式。

三、材料與方法

3.1 植株生育調查：

本試驗以臺農 2 號番木瓜扦插苗、嫁接苗及組織培養苗等 3 種無性繁殖苗為材料，於 103 年 5 月 5 日定植於開天窗自動溫控塑膠布溫室中，不同種苗分別再以拉倒

及剖倒等 2 種方式進行倒株作業(6 月 11 日完成拉倒處理業，6 月 23 日完成剖倒處理)，以不倒株作為對照組，共計 9 處理，每處理 1 株，4 重複，行株距為 3m x 2.2m，地面以白色防草席覆蓋，使用滴灌方式進行施肥與灌溉，其餘管理依慣行方式進行，相關調查項目如下:每 2 個月進行株高、莖徑、葉數、節數、冠幅等生育調查及結果部位之節間平均長度。

3.2 開花結果特性與產量品質調查：

各處理於開始開花時記錄始花日期，並調查始花、始果之高度與節位以。花期定期疏除畸形花苞，著果後亦定時疏除畸形及香蕉形果，每 2 個月調查正常果結果數目以評估產量變化，記錄開始採收日期，並於盛產期逢機採收果實以進行品質分析。

四、結果與討論

4.1 植株生育調查：

定植第 16 個月，各處理植株在生育特性上之調查如表 1 所示，於相同倒株處理下，以組培苗之株高為最高，扦插及嫁接苗次之，比較 9 處理株高，以嫁接苗配合剖倒處理為最低，組培苗位倒株對照組為最高，兩者相差 133cm。不同種苗間以組培苗之平均株高 319.6cm 為最高，扦插苗 287.8cm 次之，嫁接苗 276.6cm 為最低；不同矮化方式間，以對照組之平均株高 340.5cm 為最高，拉倒處理 278.6cm 次之，剖倒處理 264.9cm 為最低，矮化效果分別以嫁接苗及剖倒處理為最佳。

調查 30～90 節之平均節間長，於相同種苗但不同倒株處理之間，對照組之節間長均顯著高於剖倒及拉倒處理；在相同倒株處理但不同種苗間，組培苗之節間長顯著均高於扦插苗及嫁接苗。由上述結果顯示嫁接苗及扦插苗相較於組培苗，具有矮生及節間短縮的效果，不同種苗經倒株處理則能降低節間長，避免植株徒長，達到矮化的效果，前期剖倒處理矮化效果較拉倒處理佳，然而隨植株生長恢復及主幹抬升，兩者之矮化效果之差異縮小，並無統計上之差異。

4.2 產量及品質調查：

不同種苗及倒株方式對溫室木瓜始花、始果高度及節位之影響如表 2 所示，不同種苗之間，組培苗之始花及始果高度與節位均高於扦插及嫁接苗；不同倒株處理間，對照組植株之始花及始果高度與節位均高於剖倒及拉倒植株。9 處理間之始花及始果高度均以組培苗對照組為最高，扦插苗剖倒組為最低。扦插苗及嫁接苗均在定植後 60～70 天間開花(7 月 3～11 日)，組培苗則遲至定植 70 天後才開花(7 月 16～19 日)，相同種苗但不同倒株處理間並無顯著差異。

各處理均於第 4 個月起開始進入主要結果期，並於定植後第 10 個月達到最高結果量，隨後結果即不再明顯增加，各處理於定植後第 8 個月起開始進入主要採收期，並於定植後第 14 個月結束第一段結果之採收。累計採收果數及初次採收日數如表 3 所示，在初次採收日數方面，各處理較無明顯差異，整體而言以組培苗之初次採收日

數略高於其他兩組，較晚進入採收期。定植第 16 個月，一段結果採收完畢，累計採收果數以扦插苗組對照組 104.8 顆為最高，嫁接苗剖倒處理 56.0 顆為最低，不同種苗間以扦插苗平均採果 82.8 個為最高，組培苗 69.1 個次之，嫁接苗 63.4 個為最低；不同矮化方式間，以對照組之採果數 86.9 個為最高，拉倒處理 69.1 個次之，剖倒處理 59.3 個為最低，產量評估分別以扦插苗及未倒株對照組為最佳。

在果實品質調查方面如表 4 所示，各處理間果實品質除組培苗對照組之果重、果長、果寬及糖度上明顯較低外，其餘處理並無明顯規律，糖度表現上，剖倒處理之糖度略高於其他兩處理。

表 1 不同種苗及倒株方式設施對番番木瓜生育特性之影響(定植後 16 個月)

種苗	倒株方式	株高 (cm)	莖徑 (mm)	葉數	冠幅 (cm)	節間長[y] (cm)
扦插苗	剖倒	259.0 de[z]	196.1 d	30.0 a	275.5 ab	1.9 cd
	拉倒	274.8 de	178.3 bc	28.5 ab	270.8 ab	1.9 cd
	CK	329.8 b	163.5 ab	26.5 ab	269.3 ab	2.5 ab
嫁接苗	剖倒	241.3 e	184.5 d	23.0 ab	256.7 ab	1.8 d
	拉倒	271.0 de	185.5 cd	29.0 a	267.5 ab	2.1 bcd
	CK	317.5 bc	180.2 bc	20.3 b	226.5 b	2.5 ab
組培苗	剖倒	294.5 bcd	182.0 bc	22.0 ab	302.8 ab	2.3 bc
	拉倒	290.0 cd	197.9 bc	22.7 ab	284.7 ab	2.3 bc
	CK	374.3 a	188.4 a	24.0 ab	251.3 ab	2.8 a

[z] Different letters in rows indicate significant differences (P<0.05) according to LSD test.
[y] 30-90 節之平均節間長

表 2 不同種苗及倒株方式對溫室番木瓜始花、始果高度及節位之影響

種苗	倒株方式	始花高度 (cm)	始花節位	始果高度 (cm)	始果節位	始花日數
扦插苗	剖倒	35.0 f[z]	20.0 b	36.8 f	20.8 c	61.3 cd
	拉倒	46.8 def	20.0 b	55.3 de	23.3 c	62.8 cd
	CK	58.8 d	19.8 b	66.3 cd	21.8 c	59.8 d
嫁接苗	剖倒	39.5 ef	19.0 b	48.0 ef	20.5 c	63.3 bcd
	拉倒	49.8 def	18.0 b	55.5 de	19.3 c	59.0 d
	CK	75.0 b	20.5 b	89.3 b	24.3 bc	67.3 abcd
組培苗	剖倒	60.0 cd	27.3 a	75.3 bc	31.3 a	75.0 a
	拉倒	72.5 bc	27.8 a	76.3 bc	30.5 ab	74.3 ab
	CK	98.8 a	26.3 a	109.8 a	30.0 ab	72.3 abc

[z] Different letters in rows indicate significant differences (P<0.05) according to LSD test.

表 3 不同種苗及倒株方式對溫室番木瓜結果數及初次採收日期之影響

種苗	倒株方式	初次採收日數		累計採收果數	
扦插苗	剖倒	189.3	b[z]	59.3	cd
	拉倒	198.0	ab	84.3	abc
	CK	196.0	ab	104.8	a
嫁接苗	剖倒	196.5	ab	56.0	d
	拉倒	196.0	ab	64.3	bcd
	CK	228.5	a	70.0	bcd
組培苗	剖倒	220.8	ab	62.5	bcd
	拉倒	225.0	a	58.8	cd
	CK	218.8	ab	86.0	ab

[z] Different letters in rows indicate significant differences (P<0.05) according to LSD test.

表 4 不同種苗及倒株方式對溫室番木瓜果實品質之影響(104.1.30)

種苗	倒株方式	果重 (g)	果長 (mm)	果寬 (mm)	果肉厚度 (mm)	糖度 (°Brix)	硬度 (kg)
扦插苗	剖倒	958.0 a[z]	241.3 a	94.1 a	22.0 bc	12.7 a	3.4 b
	拉倒	838.7 a	244.4 a	86.3 ab	22.8 abc	11.2 bc	4.2 ab
	CK	856.0 a	253.2 a	84.0 ab	18.7 d	11.5 abc	4.4 ab
嫁接苗	剖倒	756.7 ab	227.8 a	81.3 ab	24.0 ab	13.1 ab	3.4 b
	拉倒	862.5 a	236.6 a	88.5 a	25.5 a	12.3 ab	3.6 ab
	CK	844.5 a	234.2 a	89.5 a	23.6 ab	11.4 abc	4.2 ab
組培苗	剖倒	728.5 ab	232.2 a	83.2 ab	21.8 bcd	12.6 ab	3.7 ab
	拉倒	828.8 ab	235.6 a	91.2 a	22.1 bc	11.5 abc	5.0 a
	CK	548.8 b	149.4 b	75.1 b	20.3 cd	10.6 c	4.3 ab

[z] Different letters in rows indicate significant differences (P<0.05) according to LSD test.

五、結論

本試驗採用目前農民所使用的三種無性繁殖苗，配合不同的倒株處理，結果顯示不同種苗間，利用番木瓜幼年性較低的扦插苗及嫁接苗，相較於幼年性較高的組培苗，其開花及採收時間較早，開花結果位置及節位較低，節間也較為短縮，因此較具有矮化效果，在結果數上亦以扦插及嫁接苗為高。不同的倒株處理上，未倒株對照組植株生長快速且節間較長，利用剖倒或拉倒處理相較有明顯的矮化效果，尤其以剖倒

處理之矮化效果為最佳。在產量表現上以未倒株對照組之產量較高，拉倒處理次之，對照組著果數雖多，然其植株高度高於倒株植達 50～70cm，縮減溫室內番木瓜生長及採收時間，降低溫室利用效率。因此由上述試驗所知，番木瓜於溫室生產上為考量達到矮化並兼具高產效果，建議可採用扦插苗配合拉倒處理。

六、參考文獻

1. 王德男。1991。臺灣番木瓜栽培之回顧與展望。臺灣果樹之生產及研究發展研討會專刊 p.357-371。
2. 王德男、翁瑞亨、徐秀鳳。1994。網室番木瓜倒株栽培之研究。台灣經濟果樹栽培技術及應用研討專輯 II p.31-39。
3. 張明聰、呂俊堅。1997。番木瓜嫁接苗繁殖技術之開發。農業世界 167：34~36 農業世界雜誌社編印。
4. 張明聰、廖松淵。1994。番番木瓜扦插繁殖及生長結實特性之研究。中國園藝 40(1):11-28。
5. 黃士晃、林棟樑、張錦興。2014。番木瓜矮化及抗倒伏生產體系之建立。臺南區農業改良場研究彙報 63:40-49。
6. 黃士晃、張錦興、林棟樑。2009。番木瓜種苗及繁殖方式簡介。臺南區農業改良場農業專訊 70:3-6。
7. 黃士晃。2012。番木瓜設施演進與分析。臺南區農業改良場農業專訊 79 :4-7。
8. 黃士晃。2014。木瓜防災管理要點。農業世界 376:26-32。
9. 黃士晃。2016。不同設施栽培對番木瓜生育之影響 (初報)。臺南區農業改良場研究彙報 67：13-23。

芒果設施栽培生產體系建置-臺南地區芒果簡易設施栽培體系建立

石佩玉、張錦興、張汶肇、陳盈丞、蔡孟旅
臺南區農業改良場

一、摘要

為提升果實品質及降低管理風險，愛文芒果以簡易設施種植，調查生育情形及其與設施內外環境、物候條件相對性關係，期以建立一套因應臺灣南部氣候條件之芒果設施栽培技術。調查結果顯示：設施內之栽培環境較露天高溫低光，平均溫度較露天高出 1-2℃，最高溫度可達 40℃以上，較當時露天高出 5-7℃，設施內光度則較露天環境降低 30-45%。設施與露天栽培之愛文芒果果實重量、可溶性固形物及酸度皆無明顯差異，惟果實外觀紅色面積比率較低，顯示設施內高溫低光環境降低果皮紅色色素形成。對於愛文芒果與環境生物相的交互作用而言：露天環境的果實炭疽病罹病度為 49%，設施內為 25%以下，顯示設施的防雨功能可降低果實病害發生；設施有效隔離大型害蟲，對果實蠅與蛾類防治效果顯著，但對於小型害蟲，特別是小黃薊馬等的防治效果較差，應於新梢及花果生育初期加強防治。在設施內飼養授粉昆蟲，因溫度條件較佳其活動能力較佳，且限制其活動範圍而增加授粉機會，設施內之花穗結果率高達 80%，露天則僅 21%。

關鍵詞：芒果、設施、果實品質、病蟲害防治

二、前言

臺灣芒果近幾年來外銷實績相當良好，年平均外銷量達 6,000 公噸左右，故外銷業者與農民對果實穩定生產與品質提昇議題甚為關切，設施運用在作物生產有保護作物、穩定生產、減少用藥等優點，日本於 1984 年開始利用設施生產高品質芒果，於設施保護下日本芒果栽培面積連年增加，但臺灣氣候型態與芒果栽培條件均與日本不同，如何利用設施栽培需進行探討，且設施內高溫、病蟲害相變化、微氣候改變等因素可能導致芒果生長發育狀況不同，須有其相對應的生產管理系統，因此本研究以芒果簡易防雨設施栽植愛文芒果，調查生長期間設施內外物候條件、作物生育情形與果實品質之差異，以供芒果設施栽培之參考。

三、材料與方法

3.1 設施環境與植株材料：本試驗選用臺南區農業改良場新化口埤農場(新化區口埤18號)之圓頂型三連棟塑膠布防雨設施，設施高度 x 寬度為 3.3x 5.5m，種植愛文芒果 12 株，行株距 5.5 x 4.5m，已達可正常開花結果之樹齡。

3.2 環境因子紀錄

1. 溫濕度記錄以溫濕度自動記錄器 (HOBO pro series) 紀錄 2016 年 1 月至 2017 年 10 月每 30 分鐘設施內外溫度及相對濕度，另外中央氣象局於本場口埤農場設立之氣象測站可供氣象資料查詢予以對照。
2. 光度調查採用光合有效輻射傳感器記錄(3668I)連接 WatchDog 自動紀錄器紀錄 2016 年 9 月及 2017 年 3 月每 30 分鐘之光量子通量(μ mol $m^{-2}s^{-1}$)。

3.3 病蟲害調查

1. 蟲害種類調查：調查 2016 年設施內外害蟲之種類。
2. 小黃薊馬族群調查：於設施內外設置藍色及黃色黏紙調查小黃薊馬之族群密度，於試驗期間每隔 7-14 天調查 1 次，計算黏蟲紙上的蟲數。
3. 病害調查：於 2017 年芒果不同生長時期調查葉片藻斑病、花穗白粉病、與果實炭疽病之病害罹病度，隨機調查設施內外 5 株芒果樹，每株芒果樹調查 5 枝梢，罹病度之調查方式以病斑面積率表示：未發病者為 0；發病面積 1-5%者為 1；發病面積 6-25%者為 2；發病面積 26-50%者為 3；發病面積 51-75%者為 4；大於 75%以上者為 5；並依下列公式計算罹病度。

罹病度(%)＝Σ(指數×該指數罹病果數)/(5×總調查數)×100%

3.4 開花結果調查：觀察設施內外芒果開花結果之情形，於 2016 年度直接記數設施內外芒果植株之花穗數，並觀察其結果情形，結果率=有著果穗數/總花穗數×100%。

3.5 套袋試驗：2016 年度設施內採用透明網袋(透光率 90%)、傳統白色紙袋(透光率55%)與不套袋 3 種處理，露天套袋採傳統白色紙袋做為對照組，處理時間為 2016年 5 月 20 日進行套袋，每處理 15 粒果實，於 7 月採收自然成熟之果實進行品質分析，分析方法如下：

1. 果實採收後測量果實重量(g)、果實長度(mm)與果實寬度(mm)。
2. 目視紅、黃、綠三種顏色各色面積所佔果實表面積之比例，並利用色差儀測定果實外觀色澤。
3. 總可溶性固形物(total soluble solid,TSS)：總可溶性固形物的測定為榨汁後取 2-3 滴澄清液，滴於折射儀(refractometer PAL-1, ATAGO, Japan)上測定，單位為 ^{o}Brix。
4. 酸度(acidity)：以果汁酸度計(TA-70, TOA-DKK, Japan)測定，果實榨汁後取10ml 澄清液加 90ml 蒸餾水混合，以 0.1N NaOH 標準液滴定至 pH 值 8.1 為滴定點，換算成枸櫞酸含量，單位為百分比。

5. 果實外觀色澤測定以桌上型分光色差儀(ColorFlex EZ, Hunter Lab, USA)測定果腰兩側的之 L^*、a^*、b^*、C*、h 值，L 值即為亮度，數值最高為 100，數值愈高亮度愈高。a 值代表綠紅值，a 值高偏向紅色；b 值代表藍黃值，b 值高偏向黃色。彩度及色相角度經由公式換算，C*值為彩度 (chroma; C value)=$(a^2+b^2)^{1/2}$，數值越高顯示果色愈濃。h 值為色相角度(hue angle; θ value)=$\tan^{-1}b/a$，當色相角度 0 度時為紅色，90 度為黃色，180 度為綠色。
6. 採收果實在常溫下放置 7 天後調查炭疽病罹病度，罹病度計算方式同上述病害調查。

3.6 枝梢生育觀察：

為探討設施內微氣候之改變是否會影響芒果植株枝梢生長頻率及來年花芽分化情形，設施與露天之植株均於 2016 年 7 月 20 日、8 月 5 日及 8 月 20 日分三批次進行採果後修剪，每批次修剪 4 株，修剪後每週調查枝梢生育情形，包含抽梢時期、次數及來年花芽分化之情形。

四、結果與討論

4.1 設施內外環境：

4.1.1 溫度：依據圖 1 所示，2016 年 1 月至 2017 年 10 月份設施內外的每月最低溫度相差不大，但設施內月平均溫度較露天高 1-2℃，其中 3-10 月平均氣溫維持在 20-30℃，此為芒果生長適溫之範圍。設施內每月最高溫度均較露天高，於 5-10 月設施內之最高溫度高達 40℃以上，較露天高出 5-7℃，高溫時段為中午至下午 2 時，此時雖較生長適溫高出許多，但植株並未觀察到明顯之生理障礙現象。

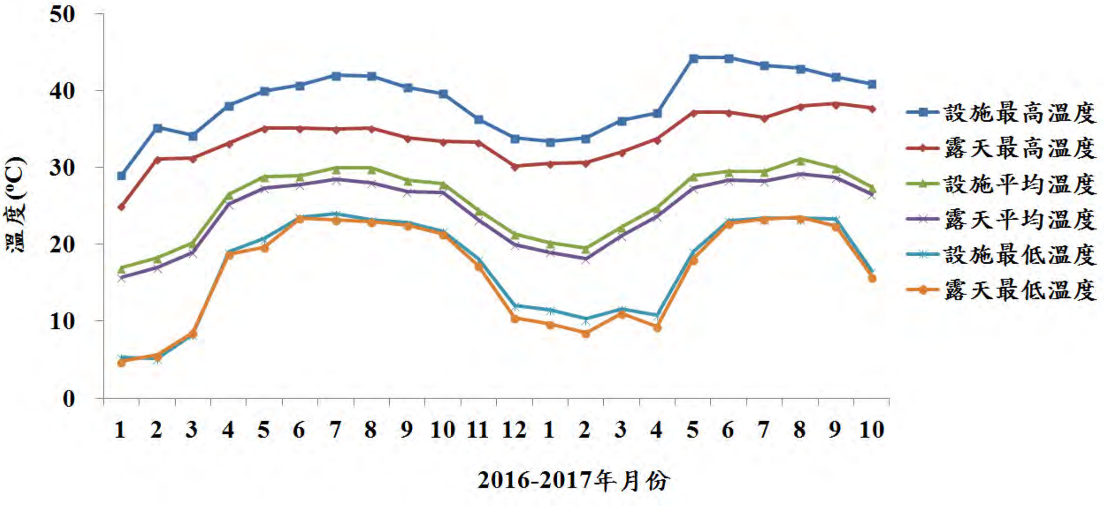


圖 1. 試驗期間設施內外之最高溫度、平均溫度與最低溫度

4.1.2 相對濕度：依據相對濕度記錄顯示設施內外的相對濕度變化差異不大，每月最高濕度均接近 100%，設施內外月平均相對濕度在 80-90%之間，且相差不超過 8% (圖 2)。

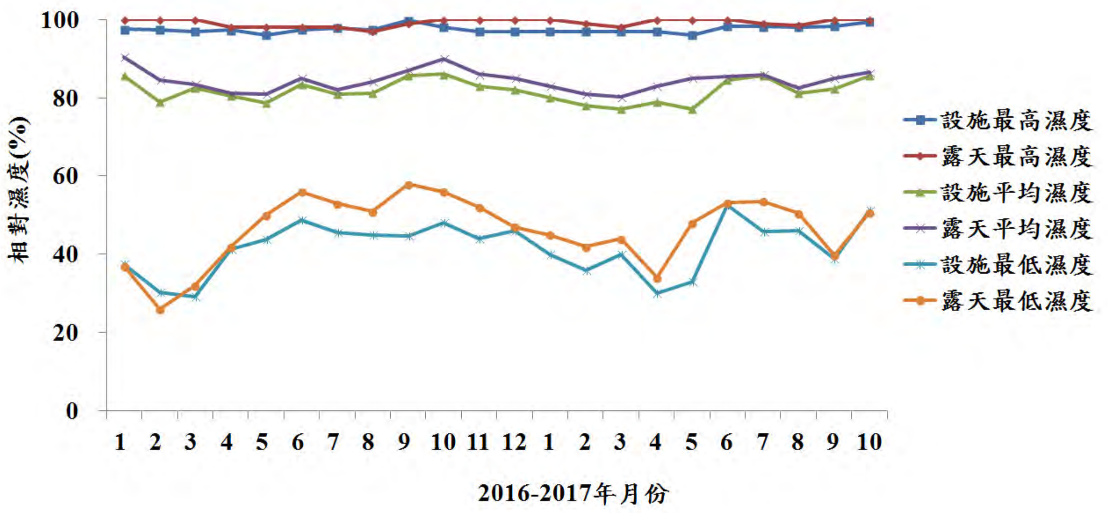


圖 2. 試驗期間設施內外之最高濕度、平均濕度與最低濕度

4.1.3 光度：量測 2016 年 9 月及 2017 年 3 月之光量子通量，於 2016 年 9 月設施內部平均透光率為 55%，之後因梅姬颱風造成塑膠布損壞於 12 月更換完成，故 2017 年 3 月之透光率提升至 70%。

4.2 病蟲害調查：

4.2.1 蟲害種類調查：設施內蟲害種類較少，包含小黃薊馬、花薊馬、橘臀紋粉介殼蟲、芒果葉蟎、芒果癭蚋、芒果壯鋏普癭蚋、二點小綠葉蟬、芒果木蝨等，露天蟲害種類相較於設施多了芒果褐葉蟬、瓢蠟蟬、芒果夜蛾、芒果蛀莖夜蛾、小白紋毒蛾、臺灣黃毒蛾、東方果實蠅等 7 種。調查發現設施可將大型害蟲如東方果實蠅及蛾類阻隔，對作物提供相對的保護，但小型害蟲發生密度就較高，尤其以小黃薊馬是設施內主要害蟲，應注意防治。

4.2.2 小黃薊馬族群調查：調查結果顯示黃色黏紙誘引效果優於藍色黏紙，黃色黏紙在設施內誘引效果平均約 213 隻/週/張，為藍色黏紙誘引到薊馬數量的 11 倍；設施外黃色黏紙誘引效果則約 19 隻/週/張，為藍色黏紙的 7 倍。又設施內小黃薊馬密度高於露天(圖 3)，2016 年 3 月設施內小黃薊馬平均密度均低於 5 隻/週/張以下，隨後因施放授粉昆蟲而暫停調查作業，接續隨著芒果新梢生長，小黃薊馬密度也隨之上升，配合三次修剪清園及藥物防治後小黃薊馬密度梢有下降，但由於不同修剪時期導致新梢陸續生長，造成防治困難，小黃薊馬密度偏高， 9

月上旬密度高達 1390 隻/週/張，相較露天僅 70 隻/週/張，9 月下旬梅姬颱風造成塑膠布損壞，小黃薊馬族群數量隨之下降。2017 年於新梢生長時期，使用殺蟲劑及礦物油進行防治，生長中、後期配合黃色黏紙監控、誘殺及修剪清園等方式能有效壓制小黃薊馬族群上升趨勢，故此時期設施內小黃薊馬密度調查發生密度低，平均密度均未達 40 隻/週/張。根據薊馬族群動態調查結果顯示，新梢生長階段是小黃薊馬危害關鍵時期，設施內更應加強防治以避免小黃薊馬族群密度驟升。

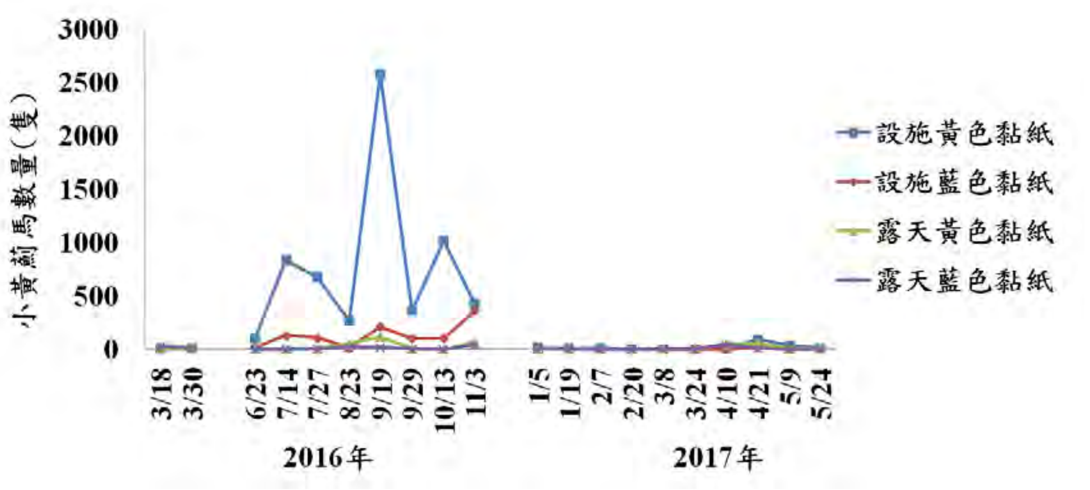


圖 3. 設施內外小黃薊馬族群變動情形

4.2.3 病害調查：調查 2017 年芒果不同生育階段之病害罹病度(表 1)，露天栽培的芒果植株，其發生於葉片的藻斑病、花穗的白粉病與果實上的炭疽病罹病度都極顯著高於設施內，顯示設施栽培將雨水隔絕在外，可有效降低病害發生之機會，此與過去研究資料顯示芒果栽培使用塑膠布覆蓋可有效減少炭疽病危害之結果相同，顯示芒果設施栽培有助於病害之防治。

表 1. 同生育階段芒果病害之罹病度

調查日期	調查部位 / 病害	平均罹病度 (%)	
		設施	露天
106.01.23	葉 / 藻斑病	0	19
106.04.10	花 / 白粉病	0	88
106.05.09	果 / 炭疽病	0	10

4.3 開花結果調查：

4.3.1 2016 年受到年初寒流等因素影響，芒果開花期普遍延後，設施內外盛花期均在 3 月中旬至 4 月中旬，調查開花與結果情形顯示，設施及露天花穗數平均不到全株 10%，抽穗比例甚低；設施內結果率為 80%，為露天結果率 21%之 4 倍，推測可能與設施栽培之防雨效果與提高日溫可增加授粉昆蟲－麗蠅的活力等效果有關，且密閉空間也可防止授粉昆蟲飛散，進而提高愛文芒果授粉機會並提升結果率，對產量的穩定與提升有一定的助益。

4.3.2 2017 年露天芒果植株於 2 月中旬開始抽穗開花，於 3 月中旬進入盛花期；而設施內於 2016 年 7 月 20 日與 8 月 5 日修剪之植株於 3 月下旬無花穗抽出或僅抽出 1-2 枝花穗，且有部分為帶葉花穗，8 月 20 日修剪之植株則無花穗抽出。推測開花情形不理想的原因可能與設施內溫度有關：今年設施內 1-2 月之月平均溫度均在 20℃左右，較露天之月平均溫度高出 1.2℃以上(圖 1)，且靠近塑膠棚下方之樹冠層溫度可能高於 20℃，過高的溫度不利芒果花芽分化所需之低溫環境，因此芒果設施栽培時應注意設施增溫之情形以避免冬季低溫不足影響花芽分化。

4.4 套袋試驗：

4.4.1 果實品質：設施內使用不同套袋處理，調查果實性狀及品質發現各種套袋處理於果實重量、果實長度、果實寬度、可溶性固形物及酸度均無顯著差異，設施內不同套袋處理之可溶性固形物均可達到 15°Brix (表 2)。

表 2.設施內外不同套袋處理對果實品質之影響

	果實重量 (g)	果實長度 (mm)	果實寬度 (mm)	可溶性固形物 (^{o}Brix)	酸度 (%)	炭疽病罹病度(%)
不套袋	422.1±18.8	119.7±2.0	81.1±1.1	14.62±0.39	0.20±0.02	25%
網袋	399.2±26.4	118.3±3.1	80.1±2.3	15.40±0.40	0.22±0.03	17%
紙袋	434.8±17.4	121.4±1.6	83.2±1.4	14.91±0.40	0.23±0.02	10%
露天對照組	393.1±16.6	116.6±2.3	78.2±4.4	15.11±0.45	0.18±0.01	49%
$LSD_{0.05}$	57.10	6.51	7.53	1.16	0.06	

^{z}Values were the means ± SE

4.4.2 果實外觀色澤：利用桌上型分光色差儀測定果實外觀色澤結果如表 3，發現在各種套袋處理之 L*、b*、C*、h 值均無顯著差異，但設施內不套袋處理 a*值顯著大於露天對照組，顯示設施內不套袋果實之果色偏紅，但於紅色面積比率則以露天較佳，若增加設施覆蓋資材的透光率或以反光材質增加反光，應可提升紅色面積比例，增進外觀品質。

表 3. 設施內外不同套袋處理對果實表面顏色之影響

	L*值	a*值	b*值	C*值	h 值	果皮顏色面積比例(%)		
						紅色	黃色	綠色
不套袋	48.8±1.0[z]	24.6±0.5	36.6±1.6	44.9±1.2	54.6±1.7	23.0±6.0	64.8±6.4	12.2±3.1
網袋	51.0±1.1	22.4±0.6	37.1±1.5	43.9±1.2	57.9±1.6	17.1±5.2	67.9±7.0	15.3±5.2
紙袋	50.4±0.9	22.7±0.8	37.2±1.3	44.2±0.9	57.6±1.8	17.9±4.8	67.3±7.0	14.8±4.7
露天對照組	48.3±0.7	21.9±0.7	35.8±1.2	42.5±1.1	58.0±1.2	29.6±5.6	58.2±8.5	12.4±6.5
$LSD_{0.05}$	2.7	1. 9	4.0	3.1	4.5	12.5	16.8	11.7

[z]Values were the means ± SE

4.4.3 果實炭疽病發病情形：果實採收後於常溫下放置 7 天調查炭疽病發病情形(表 2)，露天罹病度為 49%，設施內不套袋、網袋與紙袋處理之罹病度分別為 25%、17%與 10%，顯示設施栽培將雨水隔絕在外，可以有效降低炭疽病潛伏感染及果實採收後之發病情形，對於果實商品價值與儲架壽命有極大的正面效益。

4.5 枝梢生育觀察：

設施內外之植株於 2016 年 7 月 20 日、8 月 5 日、及 8 月 20 日分三批次進行修剪，結果顯示設施內外枝梢生育差異不大，植株約於修剪後一週開始萌芽，7 月 20 日與 8 月 5 日修剪之植株生長第 1 次梢約需 35-45 天，第 2 次梢生長約需 25-35 天，第三次梢生長約需 20-30 天，梢次生長間隔約一週，第三次梢約於 11 月中下旬進入成熟，僅少數枝梢於冬季重新抽梢生長。於 8 月 20 日修剪之植株配合一般慣行栽培，較晚修剪時會留下較多之葉片數以幫助植株新梢生育成熟，故修剪後第 1 次及第 2 次枝梢生育所需時間均約 25-35 天，但於冬季時約有 10% - 60%枝梢重新抽梢生長，不利花芽分化。

五、結論

2016-2017 年於台南地區簡易設施種植愛文芒果試驗結果顯示，簡易設施具有保護作物、隔絕大型害蟲、降低病害、增加著果率等優點，但對於果實品質是否提升則於不同研究報告中有所差異，加上搭建設施所需之開銷與節省之農藥、套袋、人工成本是否能於芒果售價中取得平衡尚有待保留，因此芒果設施栽培如何達到經濟生產效益尚有努力空間，包含設施類型、資材運用、品種選擇、運用設施提昇果實品質、建立相關技術、評估成本與降低風險等均有待進一步研究探討，但隨著氣候變遷、農業勞力缺乏與食品安全日益提升等因素，設施栽培仍不失為一選擇方向。

六、參考文獻

1. 石憲宗、郝秀花、邱一中、林鳳琪、楊曼妙。2013。台灣產檬果害蟲(蟎)名錄修訂與附記。台灣昆蟲33:27-51。
2. 李雪如。2015。芒果網室栽培抗風又防病。高雄區農情月刊213:1。
3. 李錫山、溫宏治。1982。檬果薊馬類發生消長與危害調查及其防治試驗。植保會刊24:179-187。
4. 張明聰、黃杉莒、呂俊堅。1990。高架式塑膠布覆蓋對檬果生產之影響。台南區農業改良場研究彙報25:91-99。
5. 張哲瑋、顏昌瑞、林慧玲、李國權。1994。簡易溫室覆蓋方式對愛文芒果產量果實品質及葉片礦物元素含量之影響。中國園藝40:43-59。
6. Akinaga, T. and R. Hasbullah. 2002. Mango production using plastic greenhouse in Okinawa. Acta Hort. 575: 745–749.
7. Fumuro, M. 2011. Effects of Leaf-Fruit Ratio on Yield and Fruit Quality in Mango cv. Aikou under Pot Culture. Hort. Res. (Japan) 10 (3): 383–388.
8. Mizuno, S., T. Yoshida, K. Kiyokawa and M. Sasaki. 2007. Pattern of visiting flowers and pollination efficiency of three kinds of bees on 'Irwin' mango fruits grown in plastic greenhouses. Japan. J. Trop. Agric. 51(3): 116-122.
9. Ogawa, K., H. Fukamachi and H. Kato. 2005. Evaluation of predominant carotenoid contents in domestic ‘Irwin’ mango cultivated in plastic greenhouses at different sites in Japan. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 74(5): 414-416.

設施夏雪芒果產調技術之評估

李雪如
高雄區農業改良場

一、摘要

2-3 年生芒果'高雄 3 號－夏雪'在防雨設施環境下栽培，調查生育週期及評估產期調節可行性。植株於 3 月中旬修剪後 10-15 日萌發枝梢，枝梢發育成熟時間約 35-40 日，3 段枝梢生育時間需 4 個月；開花期 1 月下旬至 2 月中旬，開花率達 95%；產期集中於 5 月下旬至 6 月中旬，盛花後 35 日至 70 日為果實快速生長期，花後 70 日至 120 日為果實成熟期。停梢期處理益收生長素、磷酸鉀、環狀剝皮及硝酸鉀等催花處理，花期及產期可提早 15-20 日，單株平均產量以益收生長素混和磷酸鉀、環狀剝皮加施硝酸鉀處理與對照組無顯著差異；平均單果重以硝酸鉀處理最高，明顯高於對照組及環狀剝皮處理；總可溶性固形物及可滴定酸含量與對照組無明顯差異。設施內全年均發生介殼蟲及芒果葉蟎危害，薊馬則好發於枝梢生育期。

關鍵字：夏雪芒果、設施、產調技術

二、前言

台灣設施栽培，多應用於花卉及蔬菜生產，在果樹栽培上，除了考量生產成本以外，也顧及果樹對光照的需求，尤其熱帶、亞熱帶水果，尚未普遍應用。目前以木瓜、印度棗較為廣泛，木瓜網室栽培成功地防止毒素病的發生，促進植株發育，達到產量及品質提升的目的。而印度棗非全年在設施下栽培，一般在開花著果之後再覆蓋防蟲網，根據學者研究，網室栽培能有效的防止東方果實蠅、鱗翅目幼蟲及野鳥的危害，且能降低噴藥次數，生產安全的果品。近 10 年芒果產業面臨果實產期集中，氣候變遷的威脅及高溫多濕的環境，病蟲危害日趨嚴重等問題，造成植株受損、開花結實不穩定或果實品質劣化。為了減輕惡劣氣候及病蟲源的危害，部分強風地區嘗試網室栽培，經李氏連續兩年試驗觀察，枋山地區網室栽培能完整保護植株免受颱風或落山風的侵襲，正常開花、著果，產量穩定，病蟲害減少。但是沒有防雨層的情況下，不套袋的果實仍有較高病害率，且秋冬不易限制土壤水分，營養生長難以控制，花期不易調整且不穩定。因此本試驗擬以防雨設施培育夏雪芒果，配合滴灌系統調整水分，抑制植株營養生長，再探討環狀剝皮、硝酸鹽類或益收生長素等園藝方法對抽梢開花結果的影響，以評估防雨設施內芒果產期調節的可行性。

三、材料與方法

3.1 試驗果園及材料

1、 試驗設施及設備：以屏東長治(本場)防雨設施為試驗地點，架設氣象蒐集器及自動滴灌系統。

2、 試驗材料：2～3 年生夏雪芒果植株，以 150 公升四方盆種植，植株於 105 年 3 月進行修剪，以供生育週期調查及催花試驗用。

3.2 催花處理

枝梢成熟 2 個月處理 39.5%益收生長素 3500 倍混合磷酸二鉀 500 倍(A 處理)；硝酸鉀 2%(B 處理)；環狀剝皮(寬度約 0.4 公分)(C 處理)；環狀剝皮(寬度約 0.4 公分)配合硝酸鉀 2%(D 處理)；以清水作為對照組(E 處理)，每隔 14 日處理 1 次，噴施 3 次，每種處理 4 株，每株標定 10 支生長勢一致的枝條，以供生育及果實品質調查。

3.3 調查項目

1、 生育調查：植株修剪後，開始記錄抽梢、抽穗、枝梢生長、開花、果實生長及成熟等各項生育時間，以建立芒果生育週期及作業曆。

2、 抽梢調查：營養生長停梢期經催花處理後，記錄間歇性抽梢頻率及時間。

3、 果實採收時間及收成量調查：記錄每株果實的黃熟時間、採收量及重量。

4、 果實品質調查：採集標定枝條上的黃熟果，送至實驗室先秤重，放置室溫下約 2～3 日，分析總可溶性固形物即可滴定酸含量。

5、 主要蟲害種類及發生時期調查：利用黃色黏版(10*15 公分)定期偵測薊馬類、葉蟬及東方實蠅，每 10 天調查蟲數密度；另外，以目測方式調查其他害蟲如介殼蟲類及葉蟎等，以建立芒果設施栽培防治曆。

3.4 氣象資料蒐集：試驗期間(105 年～106 年)蒐集光度、溫度及濕度等三種氣象資料。蒐集光度、溫濕度等氣象資料。

四、結果與討論

4.1 夏雪芒果設施生產模式

芒果生長發育週期分為抽梢期、停梢期、開花著果期及果實生育期等四個時期，依生育週期配合不同管理作業，一般露天栽培的芒果生育週期，以屏東地區為例，每年 6～7 月芒果果實採收結束，植株經過修整萌發新的枝梢，間歇性抽梢 2～3 次，約 10～11 月完成枝梢發育，之後需控制新梢持續發生，使枝梢芽體能順利花芽分化，直到開花，翌年 1～3 月為芒果開花著果期，4～7 月為果實生長發育、成熟至採收期。‘夏雪’芒果在覆蓋塑膠布防雨網室內培育，為配合試驗起程，植株提早於 105 年 3 月中旬修剪，新枝梢 10～15 日長出來，經紅嫩、轉綠至成熟需 35～40 日，經過 3 次間歇性抽梢；於 7～8 月完成營養梢發育；9 月開始限水至抽穗開花，翌年(106)年 1～2

月開花著果，3～6 月為果實生長發育、成熟及採收期(表 1)。由夏雪芒果生育週期(從枝條修剪、新梢生長至開花、果實生長、成熟、採收)來看，防雨設施內的生育週期較露天略長，此現象可能與設施內的芒果枝梢生長較為緩慢及停梢時間較長時間有關。

4.2 夏雪芒果設施主要害蟲

臺灣芒果病蟲害種類有 10 多種，常見的害蟲包括薊馬類、葉蟬、螟蛾、東方果實蠅、介殼蟲類、葉蟎等，病害包括炭疽病、蒂腐病及黑斑病等。本試驗連續兩年調查防雨網室設施內夏雪芒果主要害蟲，從黏蟲版監測的害蟲種類及密度來看(圖 1)，現有的網室的防蟲網孔目無法防除薊馬類及葉蟬。薊馬類在試驗初期密度低，當植株枝條 3 月中旬修剪，新枝梢培育期間，薊馬密度逐漸上升，每 10*15 公分黏蟲版密度達最高峰 120 隻，經藥劑防治後，密度下降，之後，終年均維持在 20 隻以下，尤其開花幼果期間(12 月至 3 月)維持在極低密度(5 隻以下)，對果實沒有危害的現象。葉蟬密度高峰期亦出現在枝條修剪後 1～2 個月，密度較薊馬低約 20 隻左右，後期均維持在低密度狀態 5 隻以下；而東方果實蠅及其他體型較大的害蟲幾乎沒有(圖 1)。設施內除了能偵測到薊馬及葉蟬以外，就目測的調查，亦發現葉蟎及介殼蟲類，第 1 年，此二類害蟲僅發生於 4 月、8～10 月，第 2 年則發生於全時期，因此，開花幼果生長前後期應加以防範。

表 1. 夏雪芒果設施栽培作業及防治曆

栽培作業	飼養授粉昆蟲		疏果		採收							
	灌溉		灌溉灌溉灌溉						限水限水限水限水限水			
			修剪施肥施肥									
生育階段			抽梢抽梢						停梢時期			
	花分化											花序小
	開花著果	果實生長			果實成熟							
月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
主要害蟲	………＊＊＊＊＊………＊＊＊＊＊＊＊＊薊馬＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊……………………………………………………											
	＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊葉蟎＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊											
	＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊介殼蟲類＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊											

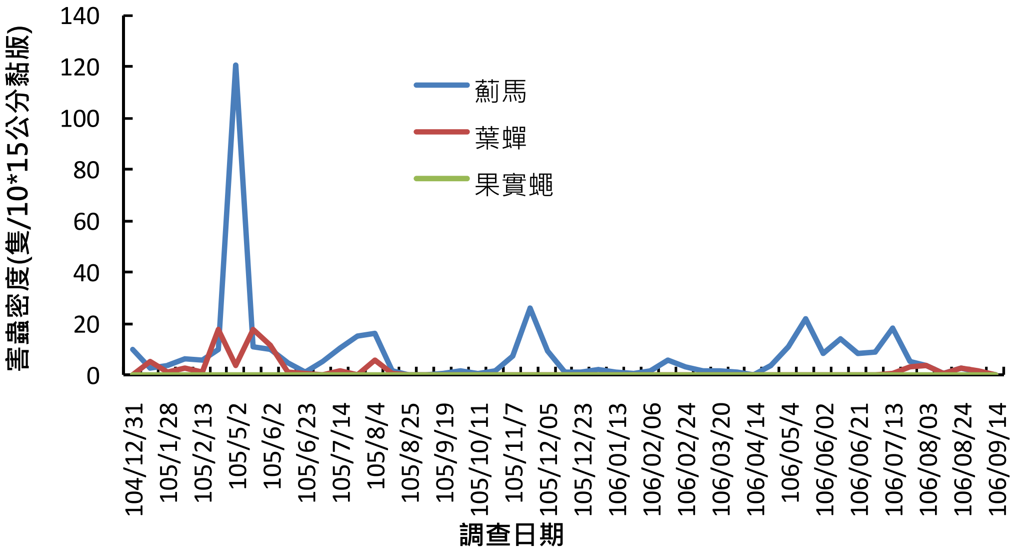


圖 1. 夏雪芒果設施主要害蟲密度

4.3 催花處理對設施夏雪芒果抽梢及開花的影響

夏雪芒果植株於枝梢生長停頓期，葉面施用 39%益收生長素(以下簡稱益收)3500 倍混合磷酸二鉀 500 倍、硝酸鉀 2%、枝幹環剝(連續刻傷)及環剝配合噴施硝酸鉀 2%等 4 種處理，每隔 2 週處理 1 次，共施用 3 次；以清水作為對照組。夏雪芒果在第 1 次處理後第 3 週，環剝處理者仍達最高抽梢率 43.3%，環剝配合硝酸鉀處理次之為 20%；處理後第 4 週，硝酸鉀及對照組均為 33.3%，益收混合鉀肥為 16.7%；連續施用 3 次，從第 5 週至第 8 週，各處理間之抽梢頻率多降為 0%(表 2)。由此可見，停梢期若能有效控制土壤水分，也可以有效控制營養生長。葉片對於各種處理之反應上，發現硝酸鉀 2%處理 3 次，葉尖呈輕微焦枯的現象，若再配合連續環剝時，則老葉呈現輕微黃化的現象。

4 種催花處理對夏雪芒果抽穗時間及抽穗率的影響，結果發現硝酸鉀配合枝幹環剝處理的植株最早來花，於 12 月 6 日(處理後第 9 週)抽穗率 3.3%，第 10 週達 13.3%，其次為益收混和磷鉀肥處理 3.3%；單獨使用硝酸鉀或環剝二種處理及對照組均於第 12 週抽穗，此時期以環剝處理抽穗率最高為 43.3%、硝酸鉀為 36.7%次之、益收混和磷鉀肥及硝酸鉀配合枝幹環剝二處理分別為 30%、26.7%，對照組最低為 13.3%(表 3)，明顯可見，催花處理具有促進夏雪芒果提早開花的效果。硝酸鉀及益收混和磷鉀肥二處理於第 14 週(翌年元月 9 日)的抽穗率達 100%，對照組 96.7%，均較二種有進行環剝處理者高(表 3)，由此說明，未催花處理並不影響總開花率。

表 2. 催花處理對設施夏雪芒果間歇性抽梢頻率的影響

處理\週數	1	2	3	4	5	6	7	8
A[x]	0.0	0.0	3.3	16.7	16.7	0.0	0.0	0.0
B	0.0	0.0	0.0	33.3	6.7	0.0	0.0	0.0
C	0.0	0.0	43.3	3.3	3.3	0.0	0.0	0.0
D	0.0	0.0	20.0	6.7	0.0	0.0	13.3	0.0
E	0.0	0.0	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0

x:A:39.5%益收生長素 3500 倍加磷酸二鉀 500 倍；B:硝酸鉀 2%；
C:環剝；D:環剝配合硝酸鉀 2%；E:清水(對照組)

表 3. 催花處理對設施栽培夏雪芒果抽穗時間及抽穗率的影響

處理\時間	12/6	12/13	12/20	12/27	1/3	1/9	1/16	1/23
A[x]	0.0	3.3	3.3	30.0	50.0	100.0	100.0	100.0
B	0.0	0.0	0.0	36.7	70.0	100.0	100.0	100.0
C	0.0	0.0	0.0	43.3	73.3	86.7	93.3	93.3
D	3.3	13.3	13.3	26.7	50.0	83.3	83.3	83.3
E	0.0	0.0	0.0	13.3	60.0	96.7	96.7	96.7

x:同表 2

4.4 催花處理對設施夏雪芒果產期的影響

就夏雪芒果產期而言,各催花處理及對照組的產期分布於 5 月上旬至 6 月中旬，整體的盛產期分布於 5 月下旬至 6 月上旬，5 月上旬果實採收量的比例，益收混合磷鉀肥及環剝配合硝酸鉀處理者為 11%，高於硝酸鉀處理 7%、環剝 5%、對照組 2%；統計 5 月期間採收量比例，則以硝酸鉀最高為 63%，環剝配合硝酸鉀及益收混合磷鉀肥處理分別為 58%及 54%，環剝處理者 46%，而對照組僅有 38%(圖 2)，此結果與催花處理具提早花期(表 3)相呼應。惟，經硝酸鉀處理的植株，雖然沒有提早抽穗，但枝梢抽穗整齊及時間短,經 2 週即達 100%抽穗率(表 3),且從果實生長發育調查發現，在果實快速成長期，硝酸鉀處理的果實生長速率亦較其他處理高，此或許為該處理果實於 5 月的總採收量比例較其他處理高的原因。

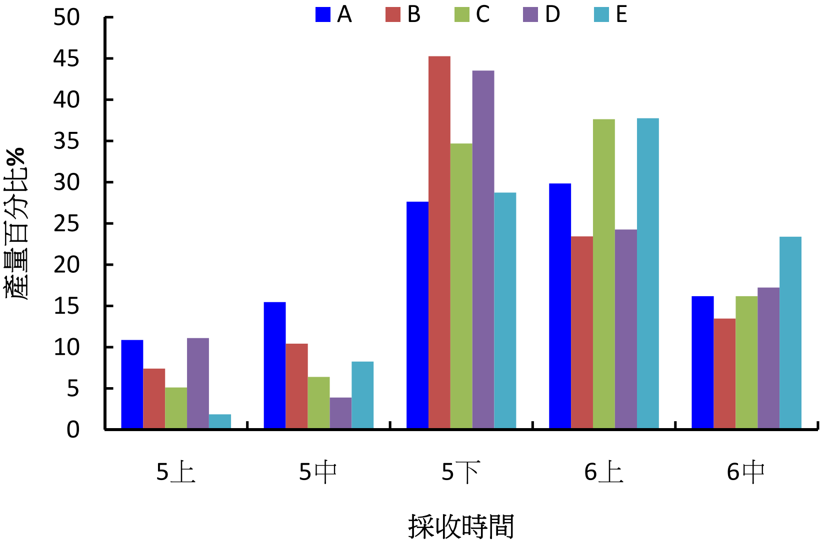


圖 2. 催花處理對設施夏雪芒果於不同時間採收量的比例
A:39.5%益收生長素 3500 倍加磷酸二鉀 500 倍；B:硝酸鉀 2%；
C:環剝；D:環剝配合硝酸鉀 2%；E:清水(對照組)

4.5 催花處理對設施夏雪芒果產量及果實品質的影響

夏雪芒果無論是否催花，抽穗率均達 80%以上，然而抽穗、開花時間的分布在催花處理間則稍有差異(表 3)，從產量上的表現來看，益收混合磷鉀肥處理的單株產量最高，每株為 7,627 公克與對照組 7,403 公克沒有顯著差異，相較其他處理，雖較環剝 6,243 公克及環剝配合硝酸鉀處理 5,653 公克高，但統計上無顯著差異，而單獨使用硝酸鉀處理，產量表現最差，僅有 4,721 公克(表 4)，此現象與硝酸鉀處理後的花序較長、兩性花比例較低(資料未發表)是否有關聯，或者是因始花至盛花期集中分布於 1 月中、下旬的氣溫較低所致，都需進一步探討。

芒果結果量的多寡會影響果實重量，產量表現最低的硝酸鉀處理，平均單果重為 523.1 公克顯著高於產量最高的益收混合磷鉀肥處理 381.6 公克及環剝處理者 354.4 公克，而環剝處理若配合施用硝酸鉀，果重有提高的現象為 394.7 公克與對照組相近。總可溶性固形物以硝酸鉀處理者表現最高為 15.8 ^{o}Brix，但與其他處理及對照組沒有顯著差異；可滴定酸含量則以環剝處理配合噴施硝酸鉀的植株最高 0.18%，單獨環剝處理者最低 0.13%，相較其他處理則無顯著差異(表 4)。

表 4. 催花處理對設施夏雪芒果果實品質及產量的影響

處理	果重 (公克)	總可溶性固 形物(^{o}Brix)	可滴定酸 含量(%)	產量 (公克/株)
A[x]	381.6 b[y]	14.7 a	0.14 a	7627 a
B	523.1 a	15.8 a	0.14 a	4721 b
C	354.4 b	15.5 a	0.13 a	6243 ab
D	394.7 ab	15.3 a	0.18 a	5653 ab
E	407.4 ab	15.0 a	0.15 a	7403 a

x:同表 2

y:Means followed by a common letter in the same column are not significantly different at p≦0.05 by LSD.

4.6 氣象資料

芒果週年生育期間(從 105 年 3 月植株修剪至 106 年 6 月果實生產結束)，設施內的溫度、相對濕度及光度變化趨勢與露天雷同，分析每日上午 8 時至下午 5 實的光照強度，防雨設施內的月平均光度以 6 月最高為 617 µmol/s/m^2，比露天 931 µmol/s/m^2 減少約 34%，之後，光度隨著時間增加而降低，冬季期間(11 月至翌年 2 月維持在 200～250 µmol/s/m^2，較露天減少的比率達 60-65%，且發現第二年夏季同時期的光度較第一年減少 20-35%，而露天減少約 10%；設施內月平均溫度 22～32℃較露天高 1～2℃，寒流時期具有提高 1～2℃的效果，然夏季午後溫度容易達 35℃以上，甚至達 40℃；相對濕度為 70～80%，較露天減少 10-15%左右。

五、結論

夏雪芒果經過兩年設施栽培試驗調查，植株在試驗期間，不但安全避開中強颱如莫蘭蒂、梅姬的侵襲，亦能在有效控制土壤水分情況下，順利開花結果，且害蟲種類少，且密度低，防治用藥種類及頻率相對減少，實能提供農友栽培參考。然而依本試驗芒果生育週期來看，設施栽培芒果的枝條生育、生長停頓至開花期(約 9 個月)顯得較一般露天栽培(6 個月)長，此外，設施內平均光度大幅降低，且有逐年減少的趨勢，因此，若要長期利用於芒果生產，是否會影響植株生育及降低產能，仍需進一步評估。

六、參考文獻

1. 李文立。2011。台灣果樹建康管理策略。臺灣果樹生產改進與產業策略研討會專刊 P.96-109. 農業試驗所特刊第 158 號。
2. 李雪如。2012。高屏地區芒果產業發展。臺灣芒果產業發展研討會專刊 P.21-37. 農業試驗所特刊第 168 號。

3. 李雪如。2014。網室栽培對愛文芒果品質之影響。P.33-34. 行政院農業委員會高雄區農業改良場 103 年年報。
4. 李雪如。2014。益收在芒果生產上的應用。高雄區農業專訊 88:10-11。
5. 吳振碩。2002。套袋及網室栽培對蓮霧果實品質之影響。屏東科技大學熱帶農業研究所碩士論文 77 頁。
6. 林嘉興、張林仁、林信山。1987。檬果產期調節之研究 1.藥劑處理抑制新梢營養生長及促進花芽萌芽試驗。p.107-117。台灣省台中區農業改良場特刊第 10 號。
7. 柯立祥。1997。土壤水分對番石榴果實產量及品質之影響。p.231-237。提升果樹產業競爭力研討會專集 I　臺灣省台臺中區農業改良場編印。
8. 范俊傑。2007。撲滅松及磷酸二氫鉀對 '粉紅種'蓮霧開花之影響。國立中興大學園藝學系碩士論文 94 頁。
9. 陳立儀。2012。台灣芒果產業現況及輔導措施。臺灣芒果產業發展研討會專刊 P.1-7 農業試驗所特刊第 168 號。
10. 陳幼光。1990。芒果環狀剝皮對抽梢、開花、枝梢營養、和光合作用的影響。國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文 83 頁。
11. 莊益源、魏妙楹、張念台、侯豐男、唐立正。2010。高屏地區檬果重要有害生物綜合管理技術。行政院農業委員會農業試驗所特刊第 146 號。107pp。
12. 張林仁、林嘉興、林信山。1988。植株生長調節劑在檬果栽培上之應用。p.267-272。台灣省台中區農業改良場特刊第 12 號。
13. 張麗華。1997。印度棗網室栽培。提昇果樹產業競爭力研討會專集Ⅲ　p121-125。
14. 張明聰、呂俊堅。1997。土壤水分狀況對芒果生育、產量及品質之影響。p.53-63 提升果樹產業競爭力研討會專集 III　臺灣省台臺中區農業改良場編印。
15. 張錦興。2017。芒果產期調節研究發展與產業調適。臺中區農業改良場特刊第 134 號 P.124-133。
16. 顏昌瑞。1997。灌溉及栽培管理對荔枝開花及產量之影響。p-103-107 提升果樹產業競爭力研討會專集 II　臺灣省台臺中區農業改良場編印。
17. Davenport, T.L. 2007. Reproductive physiology of mango. Braz. J. Plant Physiol. 19(4):363-376.
18. Davenport, T.L. 2009. Reproductive physiology. P.98-169. In: R. E. Litz, (ed.) The Mango, 2nd Edition:Botany, Production and Uses. CABI Publishing, Wallingford, UK.
19. Makhmale, S., A. N. Makwana, A.V. Barak, B.D. Nawade. 2015. Physiology of flowering-the case of mango. International Journal of Applied Research. 1(11):1008-1012.
20. Maloba, S., J. Ambuko, M. Hutchinson and W. O. Owino. 2016. Effects of ethephon and Potassium nitrate on off-season flower induction in mango. Research Application Summary pp:241-246.
21. Paull, R.E. and O. Duarte. 2011. Mango. P.252-290. In: R.E. Paull and O. Duarte. (eds.) Tropical Fruits Volume 1. CAB international press, Wallingford. UK.

運用智慧環控設施建立春石斛產期調節技術

李文南
行政院農業委員會臺東區農業改良場助理研究員

一、摘要

於春石斛不同品種催花試驗中，共獲得3種可於2月左右到花之早花優良品種，3種可於5月左右到花之晚花優良品種。於春石斛不同模式催花試驗中，短期低溫於12月初以冷藏櫃(10℃以下)的處理，相較於長期涼溫於11月初以25/15℃的處理，最終開花表現，長期涼溫明顯優於短期低溫。故春石斛之產期調節建議採用類似蝴蝶蘭之模式，以長期涼溫進行催花，配合適宜品種以調整花期至指定時間。

本計畫並建立智慧型環控冷房，可蒐集運轉數據，並已證實智慧型環控冷房可實際應用於春石斛產期調節，可依據試驗結果，配合不同品種進行催花條件邏輯化設定，未來針對已試驗過之品種，僅需讀取設定便可輕鬆進行催花作業，另外也已透過智慧型環控冷房，建立春石斛於臺灣生產時，於2月及5月到花之催花模式各一套。目前2月及5月到花後，各參試優良品種(8種)之開花節位比例介於52-66%間，品質仍有提升空間，將持續深入研究以期增強臺灣春石斛自有品種之競爭力。

關鍵字：春石斛、催花、環控農業

二、前言

春石斛(Nobile-type *Dendrobium*)為石斛蘭屬(*Dendrobium*)石斛蘭節(section *Dendrobium*)內之原種群所雜交選育出之品種群的總稱。春石斛花形與花色瑰麗繽紛，且具怡人香氣，傳統應用為高價之贈禮用盆花；近年來，個人或家庭消費量逐漸增加，多種花色與植株較迷你之品種接受度提高，市場朝向多樣化發展。春石斛假球莖成熟後經一段低溫(或涼溫)處理即可開花。若能透過試驗掌握各品種之適宜催花溫度與時間，即可進行商業計畫型生產，具有國際市場潛力。近年臺灣本地育成之春石斛自有品種，已迅速朝向商業品種應具備之優良特性選育，包括：組織培養增殖容易、生長快速、花朵排列適當、花朵與植株比例恰當、花色鮮豔對比強烈、觀賞壽命(花朵壽命)長、低或涼溫需求量少及開花性佳等目標，栽培模式亦有眾多相關研究。惟臺灣自有優良品種目前仍相當缺乏模式化之產期調節技術，導致開花品質不均及無法於特定時間區供花，嚴重影響終端銷售價格，此為臺灣春石斛產業獲利不穩定及產業鏈遲遲無法形成的主因。臺東區農業改良場利用設施農業升級與產業加值化計畫(以下簡

稱本計畫)所建立之環控冷房進行試驗，已初步建立二月春節及五月母親節檔期供花之產期調節技術模式，可為臺灣春石斛產業走向國際之後盾。

三、材料與方法

3.1 植物材料

參試品種皆為臺灣選育之品種，皆購自天母蘭園，分別為：*Den.* Tian Mu Diamond No. 2、*Den.* Tian Mu Diamond No. 3、*Den.* Lucky girl、*Den.* Tian Mu No. 5及*Den.*Tian Mu No. 7。所所有植株皆為2年生，購入後於知本精緻農業館栽培管理。

3.2 試驗處理：

1. 產期調節至2月試驗：2016年10月1號、15號及31號開始試驗，將*Den.* Tian Mu Diamond No. 2、*Den.* Tian Mu Diamond No. 3及*Den.* Lucky girl植株送入本計畫建立之環控冷房進行產期調節處理，設定溫度為25/15℃(日/夜溫)。以環控冷房紀錄器記錄試驗期間溫度與光度。
2. 產期調節至5月試驗：2016年12月1日開始試驗，首先以28/25℃(日/夜溫)處理一個月，後以25/15℃(日/夜溫)處理至可見花苞膨大為止。同2月到花試驗，皆於本計畫建立之環控冷房內處理，以環控冷房紀錄器記錄試驗期間溫度與光度。

3.3 植株栽培管理：營養生長期，每2週施用peter's20-20-20(Scotts company LLC., U.S.A.)稀釋2000倍之液肥(含灌溉)，每株每次施用50ml。冷房處理期，每2週施用peter's 4-35-25(Scotts company LLC., U.S.A.)稀釋2000倍之液肥(含灌溉)，每株每次施用50 ml。

3.4 調查項目：

1. 花芽數：成功分化成花芽之腋芽總數。
2. 高芽數：腋芽分化為高芽(不定芽)之總數。
3. 消蕾數：未分化為花芽或高芽的腋芽(盲芽)總數。
4. 留葉數：到花時假球莖存留葉片總數。
5. 總花數：成功開花之花朵總數。
6. 到花日數：處理至第一朵花開放之所需日數。
7. 開花節位比例：(花芽數/總節位數) x100%。

3.5 試驗設計：試驗採逢機完全設計(CRD)，5重覆，每重覆12棵植株。

3.6 數據分析：所有數據以統計分析軟體SAS Enterprise Guide 7.1(SAS Institute, U.S.A.)進行最小顯著差異法分析(Fisher's Least Significant Difference, LSD)。

四、結果與討論

4.1 各試驗催花冷房及對照組設施之溫度

產期調節至2月試驗期間(2016年10月1日至2月1日)，環控冷房內之溫度，日均溫約為25℃，夜均溫約為15℃(圖1)。產期調節至5月試驗期間(2016年12月1日至1月1日)，環控冷房內之溫度，日均溫約為28℃，夜均溫約為25℃(圖2)，而1月1日後至3月20日，日均溫約為25℃，夜均溫約為15℃(圖2)，顯示本計畫建立之環控冷房可有效控制溫度至理想範圍。對照組設施溫度之平均溫度則為24.3℃。

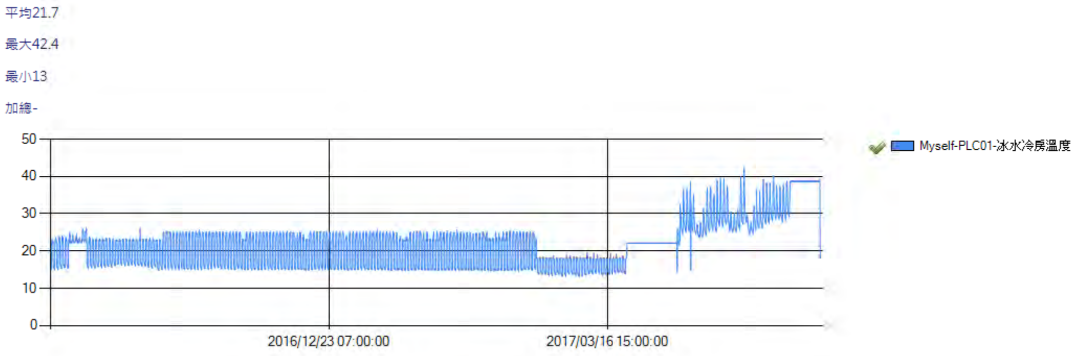


圖1. 產期調節至2月試驗期間環控冷房之溫度變化。

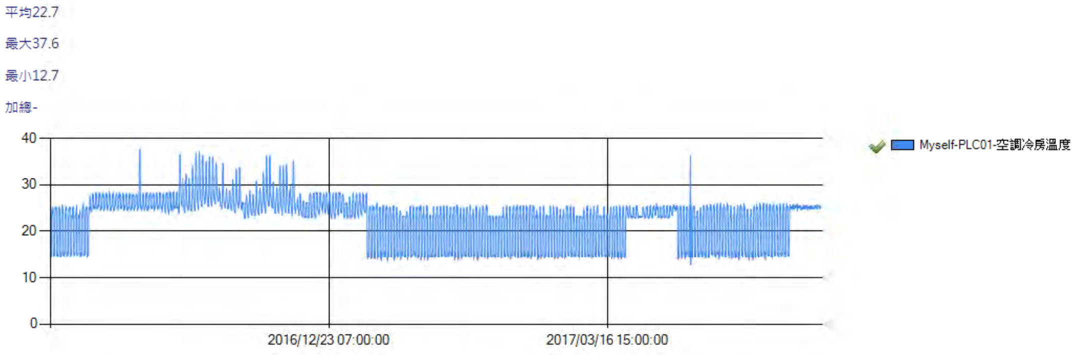


圖2. 產期調節至5月試驗期間環控冷房之溫度變化。

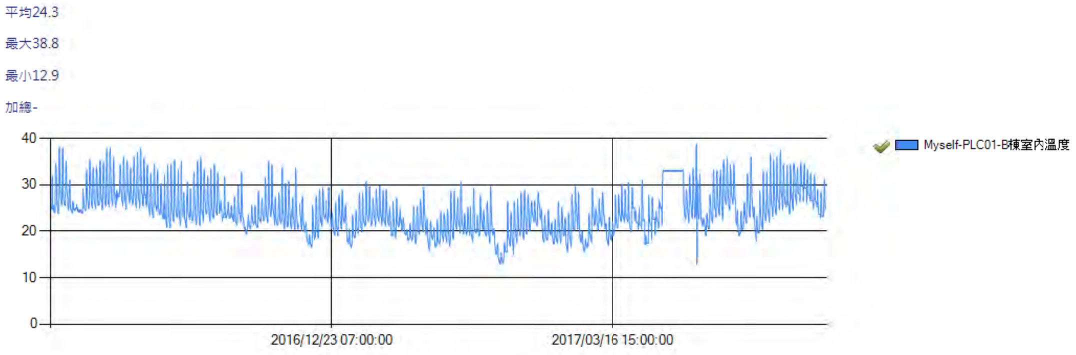


圖3. 試驗期間對照組(CK)設施之溫度變化。

4.2 產期調節至2月試驗

日本研究指出低夜溫可促進春石斛花芽發育，且夜溫(4至12小時)愈長，效果愈佳。低夜溫處理期間，若遭遇4至8小時30℃日溫，則完全抑制開花，並產生多數高芽(篠田等，1988)。坂西等(1982)指出花芽分化溫度(臨界溫度)因品種而異，*Den*. Nodoka臨界溫度20至25 ℃，*Den*. Snowflake 'Red Star'臨界溫度15至20 ℃。但在臨界溫度內，即使花芽分化，亦容易產生盲芽(消蕾)。從表1及表2可以觀察到，相較於各處理組，對照組之日夜溫均明顯較高，且開花表現明顯劣於各處理組，此與前人研究相吻合。

Christine等(2011)利用*Den*. Sea Mary'Snow King'此品種之催花研究亦表明，低溫13、15℃處理較18℃之開花天數短。在不同處理日期之試驗結果則觀察到，即使處理起始日有差異，但處理溫度相同之下，其到花時間並無顯著差異，且皆少於對照組18天左右(表2)； 10月1日開始涼溫處理於1月最後一週到花，10月15日開始涼溫處理於二月第一週到花，10月31日開始涼溫處理於2月第二週到花，3個處理皆可於春節供花，對照組到花時間則為1月初左右，無法於春節供花，故可得一結論，若要於2月第一週到花，合理的起始處理時間應為10月第二週或第三週。

4.3 產期調節至5月試驗

前人研究指出，*Den.* Sea Mary 'Snow King'於15、18、21℃不同溫度下催花，催花溫度愈低，總花數及開花比例則愈高(Christine *et al*., 2008)。黃等(2008)指出，蝴蝶蘭於8/16及12/12小時，日溫30℃ 、夜溫30、28、26及24℃加溫處理組經6週，四個蝴蝶蘭品種之抽梗率皆為0%；且本批植株後續催花處理之開花率皆可達80%以上。於本試驗中，3個參試品種皆能透過類似蝴蝶蘭抑梗方式，以加溫成功抑梗避免提早抽梗，且結束抑梗處理後，以25/15℃(日/夜溫)進行催花處理，開花率為100%，平均到花天數延後約15天(表3)。3參試品種約於2017年4月18日到花，對照組則於4月第一週左右到花。上述結果顯示春石斛可應用抑梗技術來延後到花日期，惟本次試驗於4月18日左右到花，距離5月第二週(母親節)尚有三週之久，未來將持續試驗以期更加延後到花時間。

春石斛之觀賞價值大部分取決於開花比例之高低，而終端價格與開花比例成正比。以外觀而言，至少需達50%左右方有商業價值。而本試驗結果顯示，所有參試品種開花比例介於52-66%之間，雖具商業價值但仍有改善空間，未來希望改善技術至穩定70%。*Den*. Lan Tarn Beauty與*Den*. Lucky Girl經相同低溫催花46天後，於不同日夜溫下進行花朵發育的結果顯示，日夜溫度愈高，則儲架壽命愈短(Ariningsun，2011)，有關到花後儲架壽命部分，亦需要其他設施及深入試驗探討，以完善本套溫控產調技術之實用性。

表1. 3種早花型春石斛產期調節至2月品種開花之表現。

品種	處理	花芽數	高芽數	消蕾數	留葉數	總花數	到花日數	開花節位比例(%)
Den. Tian Mu Diamond No. 2	CK	6.4b[z]	0.0a	0.4a	8.5b	17.4b	131.2a	56
	Forcing	8.8a	0.0a	0.4a	9.6a	21.4a	115.6a	61
Den. Tian Mu Diamond No. 3	CK	6.3b	0.0a	0.3a	8.2b	12.7b	130.1a	54
	Forcing	8.7a	0.0a	0.3a	9.3a	17.5a	110.2b	60
Den. Lucky girl	CK	6.1b	0.0a	0.0a	8.9b	16.4b	137.7a	53
	Forcing	9.7a	0.0a	0.0a	10.1a	27.2a	116.2b	66

[z]Data of each treatment are average of 60 replicates. Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

表2. 不同處理日期對2種早花型春石斛到花之影響。

品種	處理	花芽數	高芽數	消蕾數	留葉數	總花數	到花日數	開花節位比例(%)
Den. Tian Mu Diamond No. 3	CK	6.6b[z]	0.0a	0.2a	7.2b	13.5b	133.4a	55
	Forcing on Oct. 1	9.1a	0.0a	0.3a	8.6a	19.2a	112.4b	60
	Forcing on Oct. 15	8.2ab	0.0a	0.2a	9.0a	17.2ab	113.1b	59
	Forcing on Oct. 31	9.0a	0.0a	0.4a	8.8a	18.8a	112.8b	61
Den. Lucky girl	CK	6.3b	0.0a	0.0a	9.1b	18.1b	135.7a	51
	Forcing on Oct. 1	10.2a	0.0a	0.0a	10.2a	30.2a	116.2b	65
	Forcing on Oct. 15	10.1a	0.0a	0.0a	10.6a	29.6a	114.6b	64
	Forcing on Oct. 31	10.3a	0.0a	0.0a	10.5a	29.9a	115.5b	63

[z]Data of each treatment are average of 60 replicates. Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

表3. 3種晚花型春石斛品種產期調節至5月到花之表現。

品種	處理	花芽數	高芽數	消蕾數	留葉數	總花數	到花日數	開花節位比例 (%)
Den. Tian Mu No. 5	CK	5.3b[Z]	0.2b	0.5a	6.2a	12.4b	120.1b	41
	Forcing	8.3a	0.8a	0.4a	3.1b	16.3a	135.4a	52
Den. Tian Mu No. 7	CK	6.1b	0.0a	0.2a	13.1a	13.2b	130.5b	40
	Forcing	9.1a	0.0a	0.3a	13.2a	18.4a	146.3a	56
Den. Lucky girl	CK	6.2b	0.0a	0.4a	8.4a	18.6b	116.5b	43
	Forcing	10.8a	0.0a	0.5a	7.9a	27.4a	132.6a	59

[z]Data of each treatment are average of 60 replicates. Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

五、結論

本試驗利用本計畫建立之環控冷房進行春石斛產期調節試驗，初步結果顯示春石斛可利用溫控產期調節技術將到花時間控制於2月及5月前，惟仍需進行複試及深入研究，以期增進到花時間精準度、開花品質與更佳之育成率。本套技術模式將可增強臺灣春石斛品種之外銷潛能，輔助春石斛產業鏈之形成，提升國內育成品種之國際競爭力。

六、參考文獻

1. 坂西義洋、富士原健三。1982。デンドロビュウムにおけるシュートの成長とえき芽の発育におよぼす温度の影響。園学要旨 57 秋:422-423。
2. 黃家慧、許世弦、黃書虹、黃光亮。2008。不同日／夜溫處理對蝴蝶蘭抑梗及開花之影響。臺灣園藝 54(1):11-23。
3. 篠田浩一、須藤憲一。1988。デンドロビュウムの発育生理に関する研究（第7報）花芽分化に及ぼす低温ならびに高温遭遇時間の影響。園学要旨 63 秋:542-543.
4. Ariningsun, P. C. 2011. Studies in photosynthesis, flowering regulation, and simulated shipping in Nobile *Dendrobium*。國立臺灣大學園藝研究所碩士論文。215 頁。

5. Christine, Y.T.Y., Y.T. Wang, G. Niu, and T. W. Starman. 2008. Effects of Cooling Temperature and duration on Flowering of the Nobile *Dendrobium* orchid. HortScience 43:1765–1769.
6. Lin, M., T.W. Starman, Y.T. Wang, and G. Niu. 2011. Vernalization duration and light intensity influence flowering of three hybrid Nobile*Dendrobium*cultivars. HortScience 46:406-410.

文心蘭簡易設施栽培體系之研究

戴廷恩[*]、蘇俊峰[**]、陳淑佩[***]、謝廷芳[****]
[*]農業試驗所花卉研究中心研究員兼環境系主任
[**]農業試驗所植物病理組助理研究員
[***]農業試驗所應用動物組副研究員
[****]農業試驗所花卉研究中心研究員兼主任

一、摘要

文心蘭切花多數仍利用網室設施栽培，網室內架設自動噴水設備，灌溉及肥灌大多仍採粗放作業。夏季時節，業者每天必須全園噴灌 2-3 次，耗費大量水及肥料。本研究改善現有網室設施，增加防雨與內循環風扇，配合肥灌系統進行不同介質與肥料配方，評估簡易防雨設施內文心蘭切花生產，切花品質持續調查中。以文心蘭品種檸檬綠種植於泥炭土測試澆水標準，以目前數據顯示，澆水後盆栽重量百分比不應低於 65%，便應該再給水。使用泥炭土下，可在間隔 2.6~13.6 天中澆水不至於澆水過度或失水。水分測定儀 HH2 測得之含水率和重量含水率約有 2:1 趨勢 (HH2 含水率下降 20%，則重量含水率下降 10%)，根據田間病害調查的資料，進一步建立文心蘭在台灣栽培過程中田間常見病害的防治曆。

關鍵字：文心蘭、介質、肥灌

二、前言

傳統文心蘭栽培，露天栽培且使用樹皮混和介質，保水性不佳，影響生育。尤其是夏季，業者每天必須全園噴灌 2-3 次，耗費大量水及肥料，切花品質受到天候因素高度影響，雨季病蟲害防治困難，夏季高溫時期的澆水作業，更耗費大量水資源。植物的營養蓄積來自肥料與營養器官之間相互配合，澆水時機便成為中間之橋梁，扮演著重要之角色。由於全球氣候變遷，自然資源永續利用成為重要關鍵，水資源與肥料之精準施用與利用日趨重要，產業必須早日準備，研究並謀求因應之道。

介質耕作方式的營養元素管理相當重要，不同介質物化特性也影響作物生產及營養吸收，發展介質與養液栽培調控技術，可以穩定作物設施生產體系。花卉研究中心利用簡易防雨設施設置自動肥灌系統，搭配不同栽培介質及灌溉方式，配合無線感測設備，調查文心蘭切花生產，進行設施內作物栽培合理化施肥標準建立之研究，在防雨網室下，使用微噴灌方式，測試不同栽培介質搭配肥料栽培文心蘭，調查抽梗開花的表現。同時以較為保水的泥炭土配合植栽重量百分比，作為澆水時機之客觀判斷標

準，以作為未來搭配自動化監控上之依據。試驗同時調查設施文心蘭栽培病蟲害情形，期望可以提供產業生產模式改進參考。

三、材料與方法

3.1 介質與肥料配方試驗

1. 試驗材料：文心蘭檸檬綠(*Oncidium* 'Honey Angel')
2. 灌溉方式：利用微噴灌，給水頻度，星期一至五每天定時給肥八次，每次給水 1 分鐘，星期六及日定時給水八次，每次給水 1 分鐘。
3. 栽培介質：樹皮及椰纖混合介質（AB）、人工水苔（AF）、水苔（AS）。
4. 肥料配方：不同 N/K 比例之肥料配方（N1, N2, N3, N4）。
5. 調查項目：設施內溫溼度，花梗數。

3.2 最佳澆水時機、含水率和重量含水率試驗

1. 植物材料：文心蘭檸檬綠種於 6 吋盆中，種於 8cm 高(約 500g)之泥炭土中，並澆濕泥炭土以不滴水為原則，放置於防雨網室，待 10 天後，進行首次之澆水。
2. 泥炭土含水率測量方式：取 360g 泥炭土充分澆濕，秤量濕重，並靜置 30min，再於 70℃下烘乾 24 小時後測其乾重，計算含水率。
3. 澆水方式：以澆灌為主，施用 20N-8.6P-16.6K (Scotts Inc.) , 2000X，使達吸水飽和後 30min 再測其重量，作為盆苗重量比率之基準點。
4. 重量標準：每 2-3 日秤重每一盆栽之重量。試驗分三種處理，分別為 A、B、C 組，分別為盆栽總重量低於前次澆水後重量的 75%、65%、55%時，再與予澆水。並利用插入式水分測定計 (HH2 Moisture Meter 2.1, Devices-T Devices Ltd. Cambridge, UK) 測量每一盆苗的含水程度(%)。每處理 3 重複，每重複 6 盆。固定每週一和週五澆水處理做為對照組。
5. 調查項目：試驗前假球莖數量和新假球莖長、寬，新芽高度，開花前假球莖數量和新假球莖長、寬，每 2-3 日秤每一盆苗之重量，澆水前後盆苗之重量和含水程度，開花數，梗長；HH2 含水率和重量含水率相關之試驗方法：取些許泥炭土於 70℃下烘乾 24 小時，分別秤取 140g 於 6 個 500ml 量杯中，並加入 300ml 自來水，充分攪拌。每個量杯中，各取 3 點 HH2 含水率值，放置於遮雨網室下，每天量測重量與 HH2 含水率，並製作成相關圖，以做為泥炭土重量含水率之換算，以及在此網室內 HH2 含水率和重量含水率之相關性。

3.3 擬定設施栽培病害及蟲害防治曆

由設施病害及有害生物調查中，紀錄目前經常發生的種類與季節，再由過去的文獻報導中擬定防治曆。

四、結果與討論

4.1 介質與肥料配方試驗

調查數據顯示，相同養液配方的情況之下，以水苔及人工水苔有較多花梗數目，高於樹皮混合介質；但如果比較 4 種不同配方之切花生產，所有介質均以 N2 的切花梗數較多（表一）。由上述數據，顯示文心蘭肥料配方中必須有適當 N/K 比，同時改善介質保水能力，提供植株較充足的水份供給，將可能提升切花調節產量及品質，延緩因產期調節的種苗更新壓力。

4.2 最佳澆水時機、含水率和重量含水率試驗

1. 栽培介質及肥培試驗

   文心蘭檸檬綠於 105 年 7 月 25 日進行首次澆水，並調查假球莖數量和新假球莖長、寬，新芽高度以做為之後生長量之差異比較，經過各大組不同時機澆水處理，盆栽重量百分比 A 組(75%)、B 組(65%)和 C 組(55%)分別低於澆水後 75%、65%和 55%時澆水，至 105 年 11 月 4 日再次調查假球莖數量和新假球莖長、寬，新芽高度，再將新假球莖長、寬和新芽高度做數值轉換((新長出假球莖長 x 新長出假球莖寬+芽高)/100，單位:mm)，得以相互比較分析。A、B 和 C 組分別在此期間澆水 9、7 和 5 次，平均澆水間隔落在 11.3、13.6 和 18.8 天，平均澆肥前 HH2 含水率則是 18.5、12.4 和 5.4%，經過數值轉換之生長量換算值以 CK 組(15.4)有最大量，C 組(11.1)最小值，統計分析中，CK、A 和 B 組之間無差異，而 A、B 和 C 組之間無差異 (表二和圖一)。在現地觀測 C 組大多前代假球莖乾扁，與新一代假球莖飽滿程度不同，已成失水乾扁狀態，而 CK、A 和 B 組此現象則較少。以目前數據顯示，澆水後盆栽重量百分比不應低於 65%，便應該再給水。建議需再拉長時間觀察記錄，思考加入記錄新關鍵元素更新換算值，或許有更明顯的結果。

   在 A、B 與 C 組中分析，統計分析彼此是無差異性，但如上述假球莖的飽滿性有很大差別，有待加入新關鍵元素，或增加試驗重複數，甚或以破壞性方式去呈現假球莖之明顯外表差異；另外在 CK、A 與 B 組分析，平均澆水間隔 2.6~13.6 天並無差異，意謂著文心蘭檸檬綠使用泥炭土下，可在間隔 2.6~13.6 天中澆水不至於澆水過度或失水，進一步在有遮雨的溫網室栽培尚能省水、省肥、省工和節能。

2. HH2 含水率和重量含水率相關之試驗

   在泥炭土 HH2 水分測定儀含水率(%)和重量含水率(%)關係之試驗，在 105 年 7 月 25 日至 8 月 31 日測試中，前半段是以直線高度相關，R2=0.989(圖二)，而全程是以二項式呈高度相關，R2=0.99(圖三)。盆栽重量百分比 75%組、65%組和 55%組之設定是以 HH2 含水率和重量含水率相關之初步試驗訂定，因 HH2 含水率值在泥炭土 100%重量含水率大約落在 60%，而在 HH2 含水率和重量含水率相關之初步試驗中，發現 HH2 含水率和重量含水率約有 2:1 趨勢(HH2 含水率下降

20%，則重量含水率下降 10%)，在儀器限制下將原本設定澆水界線重量含水率60±20%改變成 60±10%，加上盆栽重量百分比是含盆器重量，實際純介質含水率下降會比含盆重量百分比快，因此考量將澆水界線重量含水率往上調 5%，即65±10%，之後試驗會因盆器不同而重量有增減，造成澆水間隔天數的減少或增加，必須再次校正微調，或是另找出一校正公式來解決此問題。

4.3 擬定栽培防治曆

就調查結果建置常見病害及蟲害防治曆 (如表三、表四)。

五、結論

利用簡易設施栽培生產，必須考量下列幾項重點：

1. 介質水分穩定度

由於溫室內循環風扇運作，造成溫室內不同位置栽培槽受風程度有所差異，介質中水分含量有所差異，進而影響作物生長發育。期望可利用溫室內監測設備，適當調整水分用量，以維持水分穩定度。

2. 養液配方的氮鉀比例以及介質中肥份穩定度

文心蘭切花生產與假球莖發育狀態有關，如何依文心蘭生育狀態及環境氣候，調整栽培介質及養液配方，將是大面積應用栽培的關鍵。若能導入養液定比稀釋器等養液自動控制系統，提供快速準確養液 EC 和 pH 控制，並依不同生長期自動化調整養液配方，將可簡化維持介質肥份之管理成本。

3. 設施管理維護保養操作

在文心蘭病害避病的具體作法可針對遮雨設施的建設著手，可以採用網室或捲揚式塑膠布溫室，達到病原菌繁殖與傳播速率降低的目的。除病主要在降低病原菌的田間最初感染源 (primary inoculum)，因此應徹底清潔病原菌在田間可能殘存的地方與媒介。由於養液栽培最常面臨管線阻塞問題，現行需固定清洗管路，以減少塞管障礙，建議採用微噴灌，可有效減少管線塞管問題，可降低管理成本。

4. 無線監測系統之應用

未來可利用無線感測設備，傳送介質水份、pH、EC 以及設施光度、溫濕度等微氣候資訊，遠端監控以提高生產效率。

六、參考文獻

1. 吳省寬。2010。葉面補充鎂、鐵、硼和鉬對文心蘭生長之影響。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。臺中，臺灣。
2. 李仍亮。2002。台灣文心蘭之外銷現況與展望。文心蘭專刊。財團法人台灣區花卉發展協會。p. 2-3。

3. 李孟惠。1998。溫度、光度及肥料濃度對文心蘭花序發育之影響。台灣大學園藝所碩士論文。
4. 李哖。2002。文心蘭栽培原理。文心蘭專刊。財團法人台灣區花卉發展協會編印。p. 26-41。
5. 李泰昌。1999。鈣肥濃度和通風處理對文心蘭生育與開花品質之影響。中興大學園藝所碩士論文。
6. 林瑞松、徐懷恩、賴淑芬。1999。硝酸態氮與銨態氮比例對文心蘭植物無機元素含量與開花之影響。中國園藝 45: 43-52。
7. 林瑞松。1998。文心蘭。p. 97-106。刊於：許玉妹編。高屏地區重要花卉專輯。高雄區農業改良場編印。
8. 候德瑩。2006。磷肥對文心蘭之生長與切花品質的影響。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。臺中，臺灣。
9. 徐懷恩。1997。不同光照、氮源肥料及花梗修剪對文心蘭開花之影響。中興大學園藝學研究所碩士論文 136pp。
10. 張仲民。1987。普通土壤學。國立編譯館。台北。
11. 許榮華、吳省寬、游婷媛、林于倫、徐懷恩、李泰昌、王美琪、郭雅苓、林瑞松。2012。外銷文心蘭切花生產品質之關鍵。2010 花卉研究團隊研究現況與展望-研討會專刊。p. 17-33。
12. 陳筱薇。2007。環境因子對文心蘭光合作用之影響。台灣大學生物資源暨農學院園藝學系碩士論文。
13. 黃怡菁。1997。文心蘭基本生長週期與花期修剪產期調節。高雄區農業專訊。22：16-17。
14. 蔡宜峰。1998。文心蘭肥培技術之研究。台中區農業改良場研究彙報 59：1-11。
15. 蔡配芬。2000。溫度、光度、栽培介質及肥料濃度對文心蘭苗生育之影響。國立台灣大學碩士論文。141pp。
16. 賴本智。2001。低溫性寒害與高溫性暑害。104–121 頁。植物保護圖鑑系列 6-洋蘭保護。李金龍，行政院農業委員會動植物防疫檢疫局，台北，127 頁。
17. 戴廷恩、張耿衡。2016。節水(肥)灌溉系統於設施文心蘭栽培之利用。農試所技術服務季刊。p. 1-4。
18. Chang, Y.-C., Chen, H.W., and N. Lee. 2010. Midday Photosynthetic Depression in Oncidium. Acta Hort. 878:79-87.
19. Hew, C.S. and J.W.H. Yong. 1994. Growth and photosynthesis of Oncidium ‘Goldiana’. J. Hort. Sci. 69:809-819.
20. Mengel, K., Kirkby, E.A., 1987. Fertilizer application, in: Mengel,K., Kirkby, E.A. (Eds.), Principles of plant nutrition, 4th ed., Intl Potash Institute, Bern, Switzerland, p.303-346.

表一、文心蘭檸檬綠於不同介質及肥料配方之平均切花數量

	AB	AF	AS
N1	0.62	0.88	0.89
N2	0.84	0.87	1.09
N3	0.58	0.80	0.92
N4	0.56	0.73	0.78

N1: high N/K、N2: medium-high N/K、N3: medium N/K、N4: low N/K
AB: bark mix、AF: artificial moss、AS: sphagnum moss

表二、文心蘭檸檬綠不同澆水處理澆水頻率與植株生長量之比較。

	澆水次數	澆水最小間隔天數	澆水最大間隔天數	平均澆水間隔天數	平均澆肥前 HH2 含水率 (%)	105.07.25 新假莖和芽換算值[w]	105.11.04 新假莖和芽換算值	生長量換算值增加量	
CK	24	2	4	2.6	31.7	7.7	23.1	15.4	a[y]
A[z]	9	7	16	11.3	18.5	7.5	19.1	13.0	ab
B	7	9	18	13.6	12.4	6.6	18.1	13.4	ab
C	5	14	23	18.8	5.4	6.5	16.7	11.1	b

[z]A:設定澆水後盆栽重量百分比降至 75%進行澆水；B:65%；C:55%。
[y]Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.
[w] 換算值=(新假球莖長 x 新假球莖寬)+芽高)/100，單位:mm。

表三、文心蘭在台灣設施栽培過程中常見病害

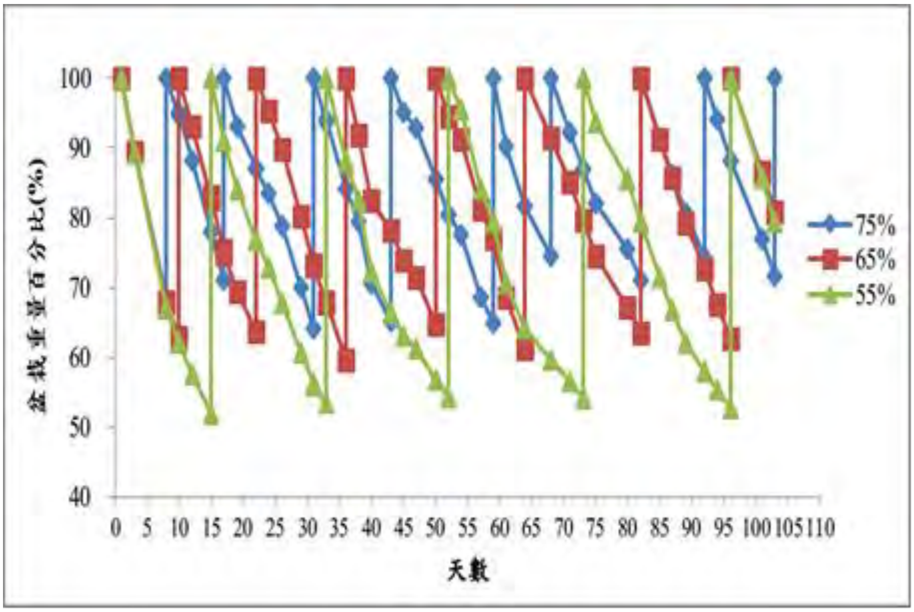
病害名稱	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
疫病												
軟腐病												
炭疽病												
灰黴病												
花瓣斑點病												
細菌性葉斑病												
白絹病												

深灰色區塊月份表示病害會嚴重發生。
淺灰色區塊月份表示病害發生較輕微。

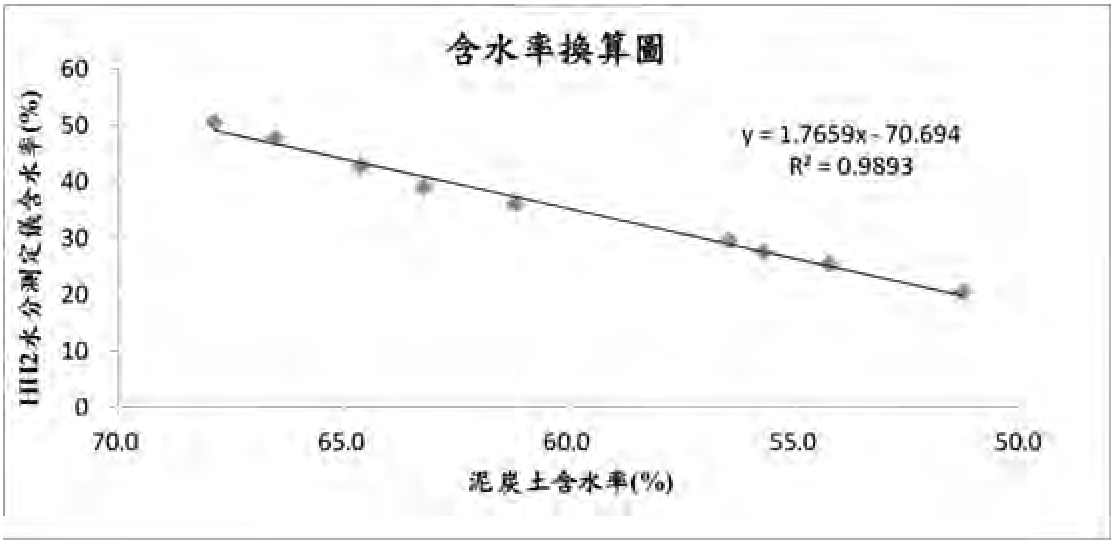
表四、文心蘭在台灣設施栽培過程中常見蟲害

有害生物名稱	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
軟體動物(扁蝸牛，蛞蝓)												
鱗翅目夜蛾類(如斜紋夜蛾)												
介殼蟲(粉介殼蟲及咖啡硬介殼蟲等軟體介殼蟲)												
蚜蟲												
薊馬類害蟲(如花薊馬)												

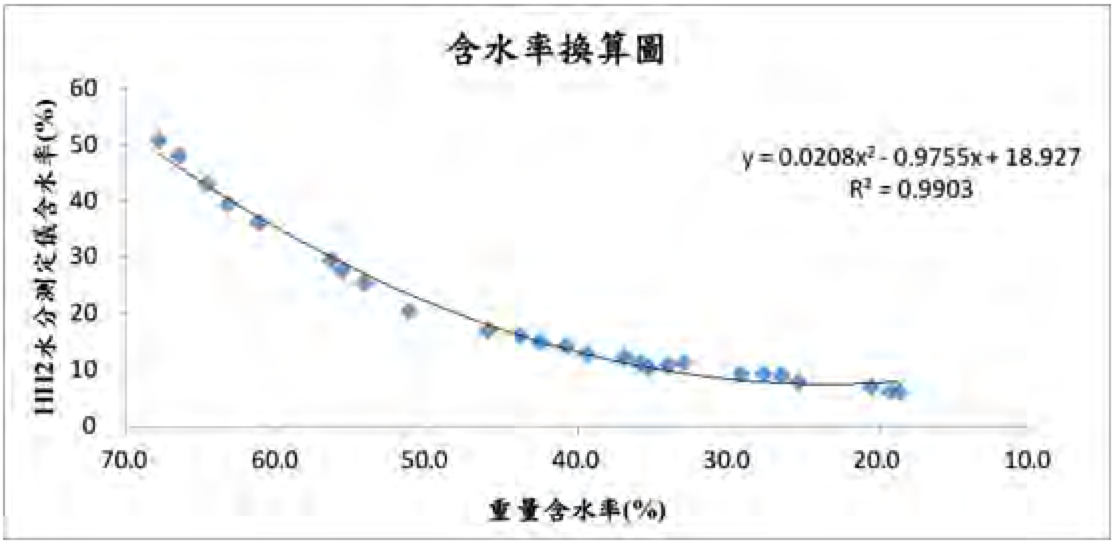
深灰色區塊月份表示病害會嚴重發生。
淺灰色區塊月份表示病害發生較輕微。



圖一、澆水天數與盆栽重量百分比之關係圖



圖二、HH2 含水率和重量含水率之相關圖(前 2 週)



圖三、HH2 含水率和重量含水率之相關圖(一個月)

小花蕙蘭簡易設施栽培技術建立

張富翔、王茗慧、陳令錫、洪惠娟
臺中區農業改良場

一、摘要

小花蕙蘭是臺灣外銷產值第三的蘭花，為配合小花蕙蘭帶介質外銷，於簡易設施內栽培之趨勢，本研究收集 3 種簡易設施環境參數與栽種試驗及研發簡易設施內肥灌控制技術，供產業實行參考。試驗結果顯示，簡易溫室以自然通風較佳的座向搭設，輔以開頂方式可有效降低高溫，黃彩四季蘭較適合於簡易溫室(B)生長，鐵骨素心蘭和山川報歲蘭於不同簡易溫室栽培結果無差異；3 種常見外銷品種以椰塊為栽培介質新增球數及新增芽數表現較佳，以水苔為栽培介質，假球莖直徑與橫徑表現較佳。以施用 1.5g/盆緩效性肥好康多(N-P_2O_5-K_2O=14%-12%-14%)每週給水 100mL/盆，較其他肥灌方式生育調查結果佳，且較無鹽積阻塞灌溉管路之困擾；以 3 芽或 7 芽定植鐵骨素心蘭，以施用 3g 緩效肥生長較施用 1.5g 佳，噴灌及微噴灌 2 灌溉方式對鐵骨素心蘭生長無影響；不同灌溉頻度對鐵骨素心蘭生長無影響，但以失水 1/4 至 3/4 時定量給水 100mL/盆，假球莖寬度較每週定期灌溉佳。

關鍵字：小花蕙蘭、簡易設施、栽培

二、前言

小花蕙蘭又稱為國蘭，是蕙蘭屬中的建蘭(或稱四季蘭; *Cymbidium ensifolium*)、報歲蘭(*Cym. sinense*)、春蘭(*Cym. goeringii*)、蓮瓣蘭(*Cym. tortisepalum*)、寒蘭(*Cym. kanran*)及九華蘭(*Cym. faberi*)的統稱，原生種分布臺灣全島各地，栽培面積 175 公頃(5,6,10)，小花蕙蘭是臺灣外銷產值第三的蘭花，主要以裸根空運或海運方式外銷至韓國(3,8)。小花蕙蘭包含多個蕙蘭屬的原種，素心蘭營養芽的生長週期約 6 個月可以完成，報歲蘭則須至少 8 個月，花芽分化完成後素心蘭於 30/25℃經 1 個多月之發育可達盛花期，報歲蘭則需 2 個多月發育適溫為 20/15℃。四季蘭營養芽生長週期為 6-8 個月，花芽在 30-20℃之間可正常發育(1,2)。建蘭、春蘭、春劍、九華蘭及報歲蘭經由光合作用特性的研究確認為 C3 植物，光飽和點在 350-650μmol·m^{-2}·s^{-1}之間，屬於喜陰植物，其中春蘭、建蘭耐陰性相對較低，報歲蘭、春劍耐陰性相對較高，九華蘭居中。報歲蘭的光合作用速率低，最佳的溫度是 25℃，呼吸作用的最適溫度分別為 25℃和 30℃，當根處於 35℃以上溫度 1 小時，呼吸率劇烈的降低，因而夏季空氣和

土壤溫度應維持在 35℃以下較適合植株生育(4)。小花蕙蘭腐敗病、細斑病、炭疽病和假球莖等重要病害，常發生於雨季，以防雨設施可減少病害發生率，以減少用藥頻率(9)。捲揚防雨設施栽培不噴藥的處理也較雙層遮陰網且噴藥處理的防治效果為佳，可見防雨設施可減少病害的發生(7)。本研究擬進行 3 種不同環控設備之簡易設施環境參數收集與栽種試驗及簡易設施內肥灌控制技術研發，建立適當的環境參數及省水省肥的栽培方法。

三、材料與方法

不同簡易設施栽培適宜性評估，選擇台中場埔里分場 3 種不同配備之簡易設施，配備分別為(A)具內、外遮陰網、南北向之簡易溫室、(B)配備內、外遮陰網、東西向之簡易溫室及(C)開頂式、具外遮陰、東西向簡易溫室，調查氣溫、相對濕度、日照時數及日射量與進行小花蕙蘭栽培管理測試，以黃彩四季蘭、鐵骨素心蘭和山川報歲蘭 3 種外銷主要品種為試驗材料，105 年定植 1 芽，分別以椰塊及水苔為介質；106 年定植 3 芽，以椰塊為介質。定植於直徑 14.5×高 17cm 黑色軟盆，每盆施用 3g 好康多($N-P_2O_5-K_2O$=14%-12%-14%)，每一設施內每一處理 20 盆。

簡易設施內肥灌控制技術研發，以肥灌自動控制系統，搭配微噴灌設備進行肥培管理試驗，黃彩四季蘭為試驗材料，椰塊為介質，定植於 5 寸黑色軟盆，施肥處理如下：(A)施用緩效性肥好康多($N-P_2O_5-K_2O$=14%-12%-14%)3g/盆(對照)，每週給水 100ml/盆。(B)液體肥料($N-P_2O_5-K_2O$ =300-200-500(mg/L))100ml/盆，每週施用 1 次。(C)施用緩效性肥好康多($N-P_2O_5-K_2O$=14%-12%-14%)1.5g/盆+液體肥料($N-P_2O_5-K_2O$=300-200-500(mg/L))100ml/盆，每週施用 1 次。(D)液體肥料($N-P_2O_5-K_2O$ =300-200-500(mg/L))100ml/盆，每 2 週施用 1 次，未給肥當週給水 100ml/盆。(E)施用緩效性肥好康多($N-P_2O_5-K_2O$=14%-12%-14%)1.5g/盆+液體肥料($N-P_2O_5-K_2O$= 300-200-500(mg/L))100ml/盆，每 2 週施用 1 次，未給肥當週給水 100ml/盆。

以鐵骨素心蘭品種為試驗材料，椰塊為介質行灌溉方式及肥料用量試驗，定植於 3.5 寸(11 cm*20 cm)黑色軟盆，置於具內、外遮陰網、南北向之簡易溫室，肥料施用緩效性肥好康多($N-P_2O_5-K_2O$ =14%-12%-14%) 3 g/盆和 1.5g/盆，灌溉方式為噴灌和微噴灌 2 種，每週給水 1 次，每次約 100 ml/盆，試驗處理為 2 種肥料量及 2 種灌溉方式，共計 4 個處理，每處理 20 盆，各 3 重複。

以鐵骨素心蘭品種為試驗材料，椰塊為介質定植，行灌溉給水頻度試驗，定植於 3.5 寸(11cm*20cm)黑色軟盆，每盆施用 1.5 g 緩效性肥好康多($N-P_2O_5-K_2O$= 14%-12%-14%)，於設施(A)具內、外遮陰網、南北向之簡易溫室以微噴灌及設施(B)配備內、外遮陰網、東西向之簡易溫室以噴灌方式灌溉(每次約 100ml/盆)，灌溉前後調查盆內介質水分變化(光積值)，於水分減少至(A)1/4、(B)1/2、(C)3/4 時再次給水，並以每週定時灌溉 1 次(每次約 100ml/盆)為對照，各有 3 個處理，每處理 20 盆，各 3 重複。

四、結果與討論

4.1 不同環控設備之簡易設施環境參數收集與栽種試驗

2015-2016 年 3 種不同配備之簡易設施內環境參數調查結果如圖 1 和圖 2，於 2015 年 9 月起氣溫逐漸降低，於 1 月達到最低，4 月開始明顯回溫。3 種簡易設施內平均溫在 4-8 月以具內、外遮陰網、南北向之簡易溫室(A)高於配備內、外遮陰網、東西向之簡易溫室(B)及開頂式、具外遮陰、東西向簡易溫室(C)，2015 年 9 月至翌年 3 月 3 種設施之平均溫無明顯差異(圖一)。相對溼度在 2015 年 9 月至隔年 3 月，以具內、外遮陰網、南北向之簡易溫室(A)最高，其次為配備內、外遮陰網、東西向之簡易溫室(B)，而開頂式、具外遮陰、東西向簡易溫室(C)最低。2016 年 5 月至 8 月以配備內、外遮陰網、東西向之簡易溫室(B)最高，具內、外遮陰網、南北向之簡易溫室(A)和開頂式、具外遮陰、東西向簡易溫室(C)數值相近。

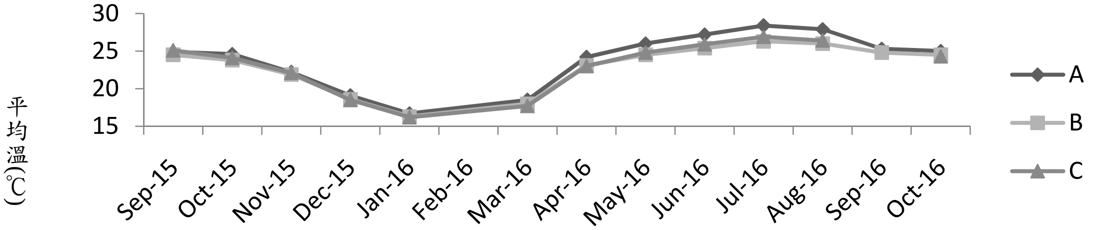


圖 1、3 種不同配備之簡易設施 2015 年 9 月至 2016 年 10 月之平均溫

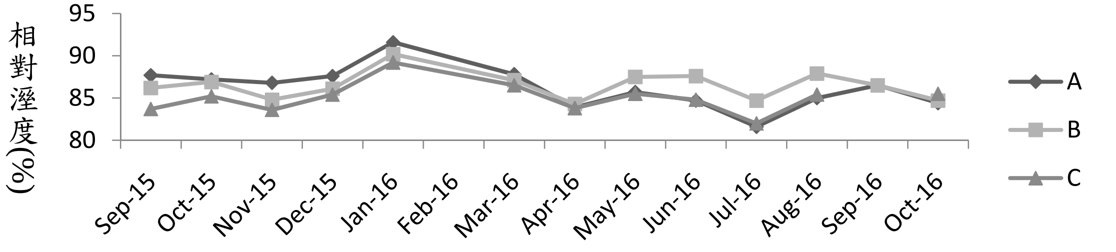


圖 2、3 種不同配備之簡易設施 2015 年 9 月至 2016 年 10 月之平均相對濕度

自然通風以東西向設施之優於南北向設施，9 月之平均溫約在 25℃，白天氣溫雖可達 30℃以上，但時間短(上午 11 時到下午 1 時之間)，夜間溫度約降至 18℃，故 3 種簡易設施因座向造成自然通風效果的差異在 9 月以後至 3 月並不影響設施內氣溫的變化。4 月溫度回升後，南北向、自然通風較差的簡易溫室(A)平均溫開始高於東西向的簡易溫室(B)和(C)。由 Pan *et al.* (1997)的報告指出夏季空氣和土壤溫度維持在 35℃以下較適合報歲蘭植株生育，故相同座向的溫室可利用遮陰或開頂方式控制溫

度，使適於小花蕙蘭之生長。2017 年 1-7 月最高溫與最低溫趨勢與 2016 年類似，簡易溫室(A)較高(表 1)，然綜觀整理平均溫、光度及相對濕度，不同簡易設施環境參數間並無差異。

表 1、2017 年 1-6 月 3 種不同配備之簡易設施氣候資料

	最高溫(℃)	最低溫(℃)	平均溫(℃)	光度(μmol·m^{-2}·s^{-1})	濕度(%)
A	34.95 a	10.98 a	20.97 a	23.60 a	83.07 a
B	34.16 b	10.77 b	20.57 a	60.75 a	82.56 a
C	32.48 c	10.69 b	20.39 a	49.15 a	83.54 a

*Means in the same columns followed by the same letter indicate no significant difference by LSD test at P≤0.05.

以 1 芽定植 6 個月後，黃彩四季蘭、鐵骨素心蘭和山川報歲蘭 3 種外銷主要品種於 3 種簡易設施內栽培，3 個品種在新增成熟芽數、葉片數、株高、葉長、葉寬、假球莖寬和厚、新芽數均無顯著性差異；1 年後調查結果如表 2-4，黃彩四季蘭定植於椰塊，新增球數、新增芽數較定植於水苔生長佳，定植於水苔，假球莖直徑及橫徑較定植於椰塊大，而定植於簡易溫室(B)，假球莖直徑及橫徑較定植於其他溫室生長佳；鐵骨素心蘭定植於椰塊，新增球數、新增芽數較定植於水苔生長佳，然定植於水苔，假球莖直徑較定植於椰塊生長佳，於不同環控設備之簡易設施內，生長無差異；山川報歲蘭定植於水苔，新增芽數較定植於椰塊生長佳，以 1 芽定植小花蕙蘭，以椰塊為介質新增球數與新增芽數較佳；而以水苔為介質，假球莖直徑與假球莖橫徑有稍高趨勢，黃彩四季蘭以定植於簡易溫室(B)較佳，其餘則無差異。

表 2、不同設備簡易設施對黃彩四季蘭生長之影響-定植後 1 年調查

Treatment	新增球數 (no./pot)	新增芽數 (no./pot)	新增芽株高 (cm)	假球莖直徑 (mm)	假球莖橫徑 (mm)
A 椰塊	1.80b	2.35a	6.20bc	10.1d	6.89c
B 椰塊	1.68b	2.08a	15.8b	11.7bc	8.62b
C 椰塊	2.38a	2.45a	3.69c	10.7cd	7.02c
A 水苔	1.47b	2.75a	8.42bc	11.0bcd	7.49bc
B 水苔	1.70b	2.92a	10.0b	13.6a	10.9a
C 水苔	2.78a	2.15a	11.2a	12.0b	8.71b
介質	***	ns	**	***	***
溫室	ns	ns	ns	***	**

ns, *, **, *** Means non-significant and significant at P≤0.05, 0.01 and 0.001, respectively.
Means in the same columns followed by the same letter indicate no significant difference by LSD test at P≤0.05.

表 3、不同設備簡易設施對鐵骨四季蘭生長之影響-定植後 1 年調查

Treatment	新增球數 (no./pot)	新增芽數 (no./pot)	新增芽株高 (cm)	假球莖直徑 (mm)	假球莖橫徑 (mm)
A 椰塊	1.90b	3.55a	16.1bc	10.2c	6.58a
B 椰塊	1.80b	3.60a	18.8a	11.0abc	8.01a
C 椰塊	2.73a	3.68a	17.9ab	10.8bc	6.67a
A 水苔	1.70c	2.97ab	14.3c	12.2ab	8.32a
B 水苔	1.72c	2.50b	15.0c	11.4ab	7.79a
C 水苔	2.15ab	3.07ab	15.1c	12.7a	8.71a
介質	**	*	ns	**	ns
溫室	ns	ns	ns	ns	ns

ns, *, **, *** Means non-significant and significant at $P \leq 0.05$, 0.01 and 0.001, respectively. Means in the same columns followed by the same letter indicate no significant difference by LSD test at $P \leq 0.05$.

表 4、不同設備簡易設施對山川報歲蘭生長之影響-定植後 1 年調查

Treatment	新增球數 (no./pot)	新增芽數 (no./pot)	新增芽株高 (cm)	假球莖直徑 (mm)	假球莖橫徑 (mm)
A 椰塊	1.35a	2.05b	15.7a	13.7a	8.82a
B 椰塊	1.30a	1.50b	14.2a	13.1a	7.55a
C 椰塊	1.37a	1.78b	16.8a	12.4a	8.09a
A 水苔	1.23a	2.12b	17.1a	11.4a	7.95a
B 水苔	0.98a	2.22ab	15.1a	12.1a	7.49a
C 水苔	1.35a	3.15a	14.8a	12.9a	9.28a
介質	ns	*	ns	ns	ns
溫室	ns	ns	ns	ns	ns

ns, *, **, *** Means non-significant and significant at $P \leq 0.05$, 0.01 and 0.001, respectively. Means in the same columns followed by the same letter indicate no significant difference by LSD test at $P \leq 0.05$.

以 3 芽定植 3 個月後，3 種簡易設施對 3 品種之新增芽數、新增葉數、新增株高及假球莖直徑皆無影響。

4.2 簡易設施內肥灌控制技術研發

以黃彩四季蘭進行 5 種肥培管理試驗，結果如表 5，每週施用 1 次液體肥料($N-P_2O_5-K_2O$=300-200-500(mg/L))100ml/ 盆的處理 (B) 和施用緩效性肥好康多($N-P_2O_5-K_2O$=14%-12%-14%)1.5g/ 盆加上每週施用 1 次液體肥料($N-P_2O_5-K_2O$=

300-200-500(mg/L))100ml/盆的處理(C)於栽培 3 個月之死亡率高達 40.9%和 38.6%，介質表面可見白色結晶，其餘處理死亡率為 0%-2.3%，新增芽數、葉片數、株高、葉長、葉寬、假球莖寬與後均無顯著差異。結果顯示液體肥料使用需搭配適當的淋洗以減少鹽積，而施用 1.5g/盆緩效性肥好康多 ($N-P_2O_5-K_2O$=14%-12%-14%)不論有無加施液體肥料，對其生長並無影響，以水灌溉對於灌溉管路較無鹽積阻塞之困擾。

表 5、不同施肥處理對黃彩四季蘭定植 3 個月後生長之影響

	新增成熟芽數	葉片數	株高 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	假球莖寬 (mm)	假球莖厚 (mm)	新芽株高(cm)
A	0.6a	3.9a	28.5b	25.5b	1.4b	14.7bc	12.1b	3.9a
B	0.0b	3.2b	40.6a	36.5a	1.6a	14.8bc	12.8b	3.2b
C	0.0b	3.2b	40.6a	36.7a	1.5a	14.3c	12.3b	3.2b
D	0.5a	3.9a	37.9a	35.1a	1.5a	16.1ab	14.0a	3.9a
E	0.4a	3.8a	39.7a	36.0a	1.5a	16.4a	14.4a	3.8a

Means in the same columns followed by the same letter indicate no significant difference by LSD test at $P \leq 0.05$.

以鐵骨素心蘭進行灌溉方式及肥料用量試驗，定植 3 個月後生育調查結果如表 6、7，以 7 芽定植結果顯示，以施用 3g 緩效肥新增芽數、新增葉數及新增株高高於施用 1.5g 緩效肥處理，而噴灌及微噴灌二種灌溉方式，對 7 芽定植之鐵骨素心蘭生長無影響；以 3 芽定植結果則顯示，以施用 3g 緩效肥新增芽數高於施用 1.5g 緩效肥處理，而以噴灌灌溉，新增假球莖寬高於微噴灌處理。

表 6、不同灌溉方式及肥料量處理對鐵骨素心蘭(7 芽)定植 3 個月後生長之影響

處理	增加芽數 (no./pot)	增加葉數 (no./plant)	增加株高 (cm)	增加假球莖球寬 (mm)
1.5g(噴灌)	2.70bc	0.06a	3.95b	3.64a
3g(噴灌)	3.51a	0.17a	7.09a	4.65a
1.5g(微噴灌)	2.50c	0.07a	5.49ab	4.23a
3g(微噴灌)	3.27ab	0.20a	7.35a	3.92a
肥料量	*	**	***	ns
灌溉方式	ns	ns	ns	ns

ns, *, **, *** Means non-significant and significant at $P \leq 0.05$, 0.01 and 0.001, respectively.
Means in the same columns followed by the same letter indicate no significant difference by LSD test at $P \leq 0.05$.

表 7、不同灌溉方式及肥料量處理對鐵骨素心蘭(3 芽)定植 3 個月後生長之影響

處理	增加芽數 (no./pot)	增加葉數 (no./plant)	增加株高 (cm)	增加假球莖球寬 (mm)
1.5g(噴灌)	2.10b	0.04b	3.47a	5.48ab
3g(噴灌)	3.07a	0.24b	4.76a	6.06a
1.5g(微噴灌)	2.13b	0.51a	3.59a	4.81bc
3g(微噴灌)	2.87a	0.20b	4.26a	4.28c
肥料量	***	ns	ns	ns
灌溉方式	ns	ns	ns	***

ns, *, **, *** Means non-significant and significant at P≤0.05, 0.01 and 0.001, respectively. Means in the same columns followed by the same letter indicate no significant difference by LSD test at P≤0.05.

以鐵骨素心蘭為材料，於定植後 2 個月進行生育調查，結果如表 8、9 所示，以微噴灌方式灌溉，不同灌溉頻度生育調查結果無差異，但以失水率(A)1/4 及(C)3/4 灌溉頻度處理，假球莖寬度較每週定期灌溉對照組佳；以噴灌方式灌溉，不同灌溉頻度生育調查結果，以失水率(C)3/4 灌溉頻度處理新增芽數較其他處理低，然 3 灌溉頻度處理之假球莖寬度皆較每週定期灌溉對照組佳。

表 8、不同澆水頻度(微噴灌)對四季蘭鐵骨生長之影響-定植後 2 個月調查

噴水頻度	新增新芽數 (no./pot)	葉數 (no./plant)	株高 (cm)	假球莖寬度 (mm)
A	1.40a	0.29a	3.19a	2.14a
B	1.44a	0.19a	3.22a	1.42ab
C	0.98a	0.04a	3.78a	1.85a
CK	0.95a	0.09a	3.52a	0.94b

Means in the same columns followed by the same letter indicate no significant difference by LSD test at P≤0.05.

表 9、不同澆水頻度(噴灌)對四季蘭鐵骨生長之影響-定植後 2 個月調查

噴水頻度	新增新芽數 (no./pot)	葉數 (no./plant)	株高 (cm)	假球莖寬度 (mm)
A	1.20ab	0.14a	3.13a	1.86a
B	1.39a	0.27a	4.08a	1.65a
C	0.86b	0.20a	3.84a	1.84a
CK	0.95ab	0.15a	3.42a	0.94b

Means in the same columns followed by the same letter indicate no significant difference by LSD test at P≤0.05.

五、結論

簡易溫室以自然通風較佳的座向搭設，輔以開頂方式可有效降低高溫，栽培試驗結果顯示除黃彩較適合於簡易溫室(B)生長，其於無差異；栽培介質對 3 長件外銷品種影響，以椰塊為栽培介質新增球數及新增芽數表現較佳；以水苔為栽培介質，假球莖直徑與橫徑表現較佳。肥灌試驗結果顯示施用 1.5g/盆緩效性肥好康多($N-P_2O_5-K_2O$=14%-12%-14%)每週給水 100mL/盆，且對於灌溉管路較無鹽積阻塞之困擾；以 3 芽或 7 芽定植鐵骨素心蘭，以施用 3g 緩效肥生長較施用 1.5g 佳，噴灌及微噴灌 2 灌溉方式對鐵骨素心蘭生長無影響；不同灌溉頻度對鐵骨素心蘭生長無影響，但以失水 1/4 至 3/4 時定量給水 100mL/盆，假球莖寬度較每週定期灌溉佳。將小花蕙蘭定植於簡易設施(B)，並施用 3g 緩效肥，以失水 1/4 至 3/4 時灌溉 100mL/盆為較佳處理。

六、參考文獻

1. 利幸貞。1992。一、素心蘭與四季蘭之無菌播種二、溫度對四季蘭開花之研究。國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文。
2. 李志仁。1991。報歲蘭與素心蘭之開花與種子無菌發芽之研究。國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文。
3. 李皇照、吳欣穎、洪惠娟。2014。臺灣國蘭農戶生產調查與分析。農產運銷 149:41-55。
4. 李鵬民、高輝遠、鄒琦、王滔、劉永。2005。五種國蘭的光合特性。園藝學報 32(1):151-154。
5. 周鎮。1986。臺灣蘭圖鑑：地生蘭篇，7-86。臺中:臺灣。
6. 郭珮琪。2006。蕙蘭產業現況與發展。出自"蕙蘭栽培管理手冊"，4-11。台北:行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。
7. 陳威臣、黃晉興、謝廷芳。2015。設施栽培對小花蕙蘭病害管理之研究。出自"2015 國蘭產業研討會論文輯"，111-125。彰化:行政院農業委員會臺中區農業改良場。
8. 黃瑞啟。2009。國蘭外銷市場之分析。出自"98 年度農民專業訓練蕙蘭栽培管理訓練班講義"，59-70。台中:行政院農業委員會農業試驗所。
9. 謝廷芳、黃晉興、陳金枝。2010。病害診斷與防治技術。出自"國蘭生產作業手冊"，66-87。台中:行政院農業委員會臺中區農業改良場。
10. Pan, R. C., Q. S. Ye and C. S. Hew. 1997. Physiology of Cymbidium sinense : a review. Scientia Hort. 70: 123-129.
11. Su, H. J. 2000. Cymbidium Sw. p.820-833. Flora of Taiwan Second Edition Volume Five, Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Department of Botany, National Taiwan University, Taipei.

薑荷花設施栽培技術建立

陳富永
行政院農業委員會高雄區農業改良場

一、摘要

利用簡易防雨設施栽培薑荷花，同時改以床架盆栽模式栽培切花用薑荷花，搭配優良商業品種引進栽培，再輔以養液滴灌供肥模式，生產高品質薑荷花切花。已建立薑荷花品種組織培養苗在設施內之馴化流程，栽培於塑膠植盆中，以設施內種植一年後苗株收穫之種球進行 4 種比例肥料處理試驗；4 個試驗品種在設施內生產之薑荷花切花品質優良，瑕疵比例極低，其中液體肥料氮磷鉀比例 10:30:20 滴灌處理組，在各品種中均獲得最高之切花採收量，可做為爾後設施內栽培薑荷花生產模式肥培管理之參考。對比露天栽培之薑荷花，設施栽培者在切花產量及品質上，均有較佳之生產效益。

關鍵字：薑荷花、防雨網室、滴灌

二、前言

薑荷花引進臺灣種植已 20 餘年，是熱帶根莖類花卉，花型花色高雅、瓶插壽命長，為重要之夏季切花之一。然而近年來，夏季極端氣候出現頻率增加、暴雨往往造成露天種植花卉生長受損，影響開花，加上傳統露天地植模式，薑荷花的苞片容易盛積雨水及塵土、雜草叢生問題妨礙植株生長及耗費除草工資、也容易提高土壤傳播性病害發生機率，影響切花之品質。利用簡易防雨設施栽培薑荷花，同時改以床架盆栽模式栽培切花用薑荷花，搭配優良商業品種之引進栽培，再輔以養液滴灌之供肥模式，生產高品質之薑荷花切花，降低劇烈天氣造成之影響、減少農藥施用、同時提升切花產量及品質。

三、材料與方法

(一) 薑荷花新品種引進及設施內盆栽種植以國內種植最多之薑荷花品種(清邁粉)以及自荷蘭引進之 3 個品種薑荷花進行栽培試驗，參與試驗之品種共 4 種(圖 1)，包括：A.「CA01」(清邁粉, Chiang Mai Pink)、B.「cv.107」(Scarlet)、C.「cv.405」(Sitrone)、D.「cv.406」(Shadow)；使用之種球材料為前一年度自行栽培所收穫之種球；一顆種球之單位為完整單一地下球莖附帶 2 顆以上儲藏根，於前一年度

植株休眠後收穫種球並清理乾淨備用，種植前浸泡殺菌劑消毒。本試驗將為薑荷花產業之變革，將原本露天地面種植之薑荷花移入設施內，利用床架盆植之方式，以均一之條件栽培，建立高品質薑荷花生產模式。試驗場所為 PEP 防雨網室，在架高離地之植床上以盆栽型式(7 寸塑膠盆)栽培，每盆種植 3 顆種球，三重複、每重複 8 盆。介質改變傳統之土植模式，利用前一年度已探討完成之介質配方，比例為田土：椰殼纖維：有機肥：炭化稻殼=2:3:1:1 之混合介質進行栽培，以獲得乾淨、質地均一之栽培介質，同時減輕盆栽重量。

圖 1. 四種薑荷花：A.「CA01」、B.「cv.107」、C.「cv.405」、D.「cv.406」。

(二) 利用精準肥培模式提升薑荷花切花產量及品質薑荷花於設施內栽培，主要將以養液滴灌方式供應肥料，另外以施用緩效性粒肥為對照。1.養液滴灌栽培：利用養液滴灌系統每天供應稀釋之液體肥料，於植株萌芽後開始液體肥料之供應，於第一個月將供應 N: P_2O_5: K_2O =20: 10: 20(Peters Professional)，其後將區分使用 2 種肥料供應，分別為 N: P_2O_5: K_2O=20: 20: 20 以及 N: P_2O_5: K_2O=10: 30: 20(Peters Professional) 之兩種比例液體肥料，以每天供應適當稀釋比例液肥 1 分鐘(Netafim 穩壓滴頭 8L/H)之頻度供應。2.緩效性粒肥栽培：使用 2 種緩效性粒肥做為肥料供應來源，分別為薑科專用配方(N: P_2O_5: K_2O=18: 10: 18，Dayi Green Mix)、球根花卉專用配方(N: P_2O_5: K_2O=15: 10: 20，Dayi Green Mix)，使用頻度及施用量依商品建議使用；水分之供應則以養液滴灌區相同之供應系統及頻度供應。試驗之盆數為每處理三重複、每重複 8 盆，故每個品種所需之盆數為 96 盆。試驗開始進行後，待植株開始萌芽後，觀察各盆之植株高度及分芽數，若進入開花期之植株則必須記錄開花枝之高度及數量。調查將持續進行至地上部萎凋進入休眠為止。

(三) 設施內生長及生產效益評估：比較傳統露天地植栽培及利用防雨網室栽培之效益差異。利用露天地植之傳統栽培方式種植薑荷花清邁粉品種，調查時間同設施內栽培之試驗組，評估之項目包含植株生長情形、開花期之早晚、病害問題、以及苞片內髒污程度、種球收穫量…等，建立利用簡易設施栽培薑荷花之效益評估。

四、結果與討論

(一) 設施內最適肥培模式建立：以 4 個薑荷花品種「CA01」、「cv.107」、「cv.405」、「cv.406」進行肥培探討，共計進行 4 種肥料處理，分別為 A.粒肥 15: 10: 20、B.粒肥 18: 10: 18、C.液肥 10: 30: 20、D.液肥 20: 20: 20，植株萌芽後開始供應肥料，進入開花期後，每周調查切花採收支數及切花長度，直至開花停止，植株準備進入休眠期為止。分析個別品種在不同肥料處理下之切花生產差異。1. CA01(圖 2)：在切花枝採收量上，以 C 處理(液肥 10: 30: 20)之切花量最高，為 65.69 支、B 處理(粒肥 18: 10: 18)之切花量最低，為 55.06 支、切花枝長度各處理均達 70 公分以上，差異不大；2. cv.107(圖 3)：在切花枝採收量上，以 C 處理(液肥 10: 30: 20)之切花量最高，為 85.44 支、A 處理(粒肥 15: 10: 20)之切花量最低，為 72.94 支、切花枝長度 A、B、C 處理均達 60 公分以上，D 處理(液肥 20: 20: 20)較低，為 57.95 公分，差異不大；3. cv.405(圖 4)：在切花枝採收量上，以 C 處理(液肥 10: 30: 20)之切花量最高，為 67.76 支、D 處理(液肥 20: 20: 20)之切花量最低，為 61.38 支、切花枝長度各處理均達 55 公分以上接近 60 公分，差異不大；4. cv.406(圖 5)：在切花枝採收量上，以 C 處理(液肥 10: 30: 20)之切花量最高，為 88.19 支、D 處理(液肥 20: 20: 20)之切花量最低，為 72.08 支、切花枝長度以 C 處理最佳達 60 公分以上，其餘 3 處理差異不大。由 4 個薑荷花品種在一個完整栽培季之切花生產情形顯示，4 種不同之肥料處理下，開花枝之長度各個處理組間並未有顯著之差異，各品種間則維持品種特性，各有不同之切花長度；而在切花產量方面則有顯著差異，其中 C 處理組，也就是液體肥料(10: 30: 20)滴灌供肥方式，在各個品種中均是切花產量最高的處理組，這顯示磷肥成分較高之肥料供應，對於薑荷花花芽之分化產生了直接的正相關影響，而液體滴灌型式，每日少量供肥，也較緩效粒肥有較佳之生長促進效果。薑荷花是地下球莖類花卉，球莖上的節點萌生新芽，長成新的葉片，並頂生新的開花枝，開花後地下部形成新的成熟球莖；換而言之，一個新芽代表一支新的花莖、並對應形成一個新的子球莖，等待植株完全進入休眠期，收穫地下根莖時，將可驗證切花產量高之肥培管理是否也產生較多之新生球莖，這也將對下一年度之切花生產有加倍成長的效果。

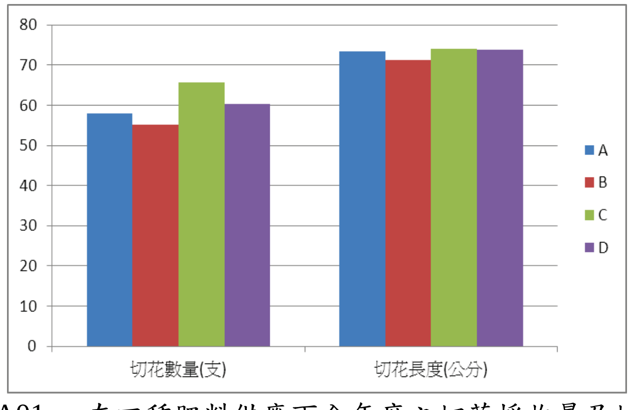


圖 2. 薑荷花品種「CA01」，在四種肥料供應下全年度之切花採收量及切花長度比較。各處理組為 A：粒肥 15:10:20、B：粒肥 18:10:18、C：液肥 10:30:20、D：液肥 20:20:20。

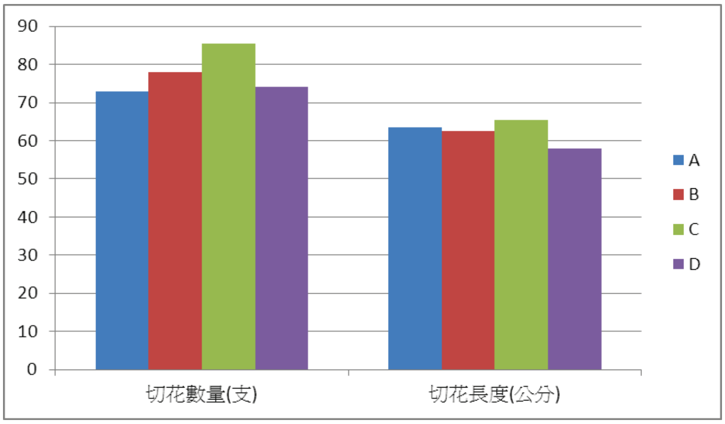


圖 3. 薑荷花品種「cv.107」，在四種肥料供應下全年度之切花採收量及切花長度比較。各處理組為 A：粒肥 15:10:20、B：粒肥 18:10:18、C：液肥 10:30:20、D：液肥 20:20:20。

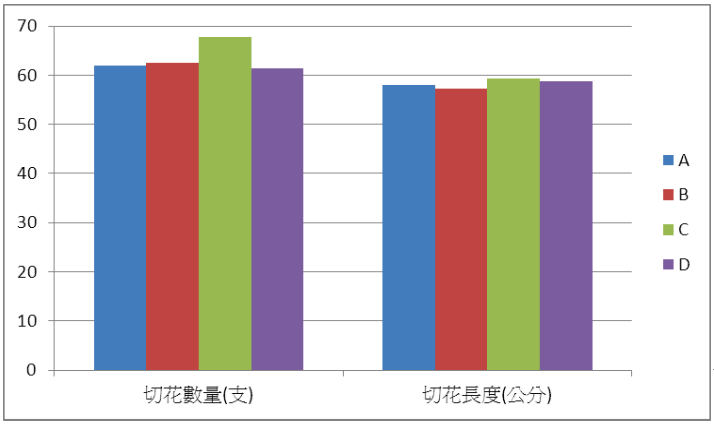


圖 4. 薑荷花品種「cv.405」，在四種肥料供應下全年度之切花採收量及切花長度比較。各處理組為 A：粒肥 15:10:20、B：粒肥 18:10:18、C：液肥 10:30:20、D：液肥 20:20:20。

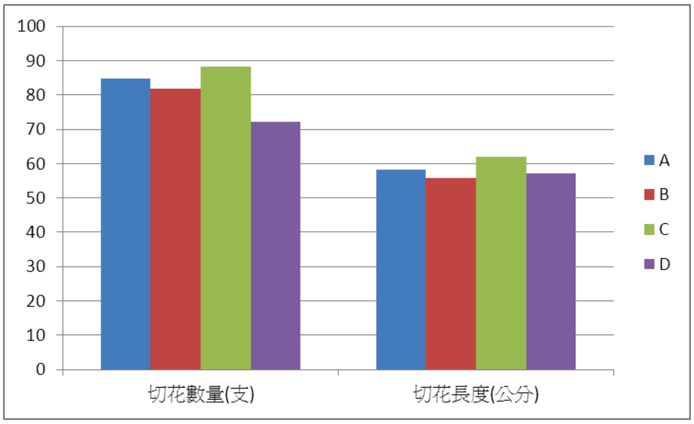


圖 5. 薑荷花品種「cv.406」，在四種肥料供應下全年度之切花採收量及切花長度比較。各處理組為 A：粒肥 15:10:20、B：粒肥 18:10:18、C：液肥 10:30:20、D：液肥 20:20:20。

(二)設施內薑荷花生產效益：於露天田區種植清邁粉品種(CA01)，與設施內栽培者進行比較，調查項目與時程，隨設施內調查時同時進行。將露天試區 CA01 品種之調查數據與設施內 CA01 之 4 個處理組的數據做一比較(圖 6)，切花產量大幅落後設施內栽培者達 15-25 支，減產達 25%以上、切花枝之長度同樣遠低於設施內栽培者達 12 公分以上。相較於在設施內薑荷花之生育良好，露天栽培者在各項數據均有顯著差異，首先在生長發育時間，露天者較設施內延遲近一個月的時間才萌發，也因此第 1 支切花枝採收時間也延遲逾一個月的時間；其次是開花停止時間，露天栽培在 9 月上旬即無切花可採收，設施內則可採收至 10 月份，開花期前後各短少一個月的時間，直接造成露天試區較設施內產量減少 25%；而切花枝長度短少的部分，則是直接肇因於日照與設施內遮蔭的差異，較短的切花枝並非重大缺點，但長的切花枝在花藝利用上則有較大的使用空間。另外，露天試區在栽培後期，赤斑病病害情形非常嚴重，採收之切花中，花莖及苞片上均有大小不一的病斑，影響切花品質非常大，雖計入切花採收量中，但其在市場上是受到挑剔的品質，設施內此等瑕疵品則可大幅漸少。本年度栽培中另遭逢一天候因素影響，也就是在夏季受到數個颱風侵襲，露天試區受到嚴重影響，田區淹水、根莖裸露、植株倒伏…等，對薑荷花的栽培影響甚鉅，也更突顯在此氣候變遷的環境下，設施栽培在薑荷花產業上之效益。

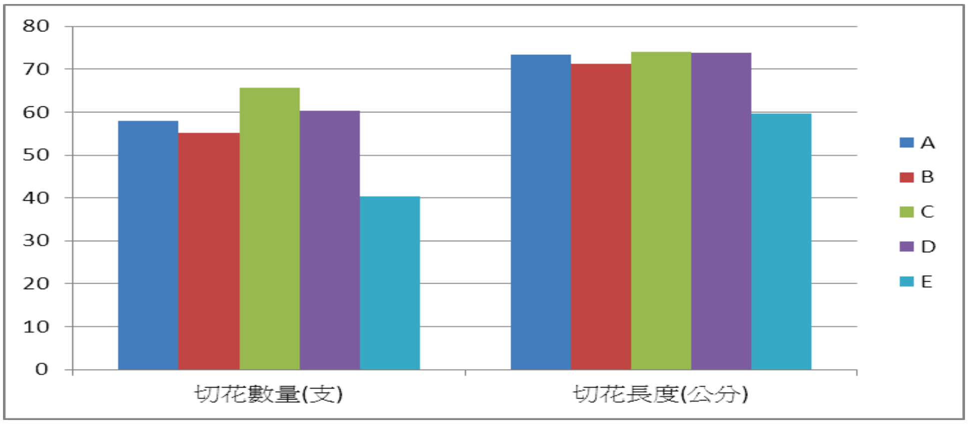


圖 6. 薑荷花品種「CA01」，在設施內及露天田區栽培下，全年度之切花採收量及切花長度比較。各處理組：A～D 為設施內同前之肥料處理、E 為露天田區地面栽培。

五、結論

以臺灣舊有的 1 個薑荷花品種加上 3 個自國外引進的新品種，在簡易設施中探討最適肥培管理模式，其目的在於藉由新品種及新的栽培模式，為薑荷花產業加值，再度振興此花卉產業。試驗結果顯示，對比於露天栽培的產量以及受外界環境影響之不利因素，在設施內栽培並以液體肥料(10:30:20)滴灌供肥方式，在各個品種中均是切花產量最高的處理，這將可建立一參考栽培模式，足以在設施中生產高產量、高品質之薑荷花切花。

六、參考文獻

1. 安志豪、劉明宗。2015。宮燈百合產業現況及種球繁殖之初探。種苗科技專訊89:18-21。
2. 吳志文、黃德昌、黃柄龍、陳富永。2013。熱帶薑科花卉多樣化品種選育及建構種苗穩定生產模式。101年科發基金補助計畫成果報告。33頁。
3. 邱輝龍、魏趨開。2006a。常見薑科觀賞作物及其遺傳資源(上)。農業世界雜誌279:56-60。
4. 邱輝龍、魏趨開。2006b。常見薑科觀賞作物及其遺傳資源(下)。農業世界雜誌280:82-86。
5. 夏洛特。2009。第二章薑科植物。P.47-92。雨林植物觀賞及栽培圖鑑。商周出版社。
6. 許玉妹。1998。薑荷花。 P.65-76。刊於：許玉妹編。高屏地區重要花卉專輯。高雄區農業改良場編印。
7. 許玉妹、許哲夫。2003。具發展潛力薑科植物之開發與利用。高雄區農業改良場91年度研究計畫研究報告。
8. 許家言、葉常青、蔡新聲。1991。薑花組織培養之大量繁殖。中華農業研究40:171-177。
9. 陳富永。2009。具觀賞價值之薑科植物。高雄區農業專訊68: 16-17。
10. 黃俊杉。2001。彩色海芋組培苗一代球生產。種苗科技專訊33:15-20。
11. 黃柄龍、陳富永、姚銘輝、李阿嬌。2012a。節能自動化設施花卉及蔬菜生產運銷管理技術研習。101年出國研習報告49頁。

夏季遮陰對繡球花營養生長之影響

許雅婷*、陳錦木**、黃家康***
* 桃園區農業改良場助理研究員
** 國立中興大學園藝系助理教授
*** 桃園區農業改良場前助理研究員

一、摘要

繡球花為受歡迎的木本花卉，然而臺灣平地夏季炎熱為繡球花景觀應用限制，本研究以遮陰及噴霧處理探討對繡球花營養生長之影響。以繡球花 ‘Leuchtfeuer’ 6 寸盆栽為材料，2017/8/15-9/16 期間於桃園農業改良場內以遮陰網設置不同遮陰程度，並於遮陰網內設置不噴霧、細噴霧及粗噴霧 3 種處理進行栽培試驗。遮陰處理分別相當於 100%、70%、54%、36%全日照，各處理平均光度約 586、410、316 及 214 μmol·m^{-2}·s^{-1}，平均溫度約 31.9^{o}C、31.5^{o}C、29.9^{o}C、29.7^{o}C。噴霧設定為 0800-1700HR 期間每 2 小時噴霧一次，每次 30 秒。結果顯示：54%及 36%日照處理具有較高的株高、葉面積及葉綠素計讀值，葉片焦枯比例以不遮陰處理顯著較高，70%日照其次，54%及 11%日照較低。植株性狀於不同噴霧處理間沒有顯著差異。建議臺灣夏季繡球花宜進行適當遮陰，平均光度 316-214 μmol m^{-2} s^{-1} 具有較佳的生長表現，有助於提升生產品質。

關鍵字：繡球花、遮陰、葉緣焦枯

二、前言

繡球花(*Hydrangea macrophylla*Thunb.)為虎耳草科(*Saxifragaceae*)八仙花屬(*Hydrangea*)植物，原生於日本及中國，其特色為花型大、花色亮麗，為十分受歡迎的景觀植物，主要作為切花或盆花使用。

在自然環境下春天及夏天高溫為營養生長期(小西等,1992)，營養生長期建議日溫為 28°C、夜溫為 22°C -24°C，光度約 5000 呎-燭光(Bailey,1989)。當夏天溫度高溫連續三天超過 30°C，則容易發生 ‘Hydrangea distortion’現象，葉片變厚、斑駁及葉寬降低,植株不正常矮化、莖頂變形及無法正常形成花芽(Bailey and Hammer, 1990)。臺灣屬於亞熱帶氣候，夏天高溫及強光為繡球花在景觀利用上的限制，以簡易設施進行適當遮陰及噴霧是經常用於創造合適生長環境的方法，本試驗目的為探討遮陰及噴霧處理對夏季繡球花營養生長之影響。

三、材料與方法

3.1 植物材料

本試驗於行政院農業委員會桃園區農業改良場(E :121°01' 37.9"； N :24° 57' 17.7")進行，以繡球花 ‘Leuchtfeuer’ (*Hydrangea macrophylla*)為材料，自綠園花卉農場(臺灣,桃園市)購買 5 寸盆植株後定植於 6 寸盆中，使用泥炭苔和珍珠石以 3:1(v/v)比例混成之介質，置於不同遮陰及噴霧程度處理下進行試驗。試驗期間以自動灑水系統進行水分供給，每天噴水 3 次，每次 5 分鐘。每盆施以 14N-4.48P-10.79K 緩釋肥(新好康多 1 號 100 天, Hi-Control®, Shizuoka, Japan) 3g。

3.2 試驗處理

試驗期間為於 2017 年 8 月 15 日至 9 月 16 日，於不同程度之遮陰網內進行試驗。於開放空間以鋞管架設 150 公分高之鐵架，以單層白紗網、50%黑色針織網及 90%黑色針織網(豪建塑膠股份有限公司,台中市) 覆蓋於鐵架上，製造 4 種不同光度處理，以試驗期間平均光度計算，分別相當於 100%、70%、54%及 36%全日照。在同遮陰處理下，以懸吊式噴霧器進行不同噴霧處理，分別為不噴霧、粗噴霧及細噴霧，噴霧處理 0800HR-1700HR 每 2 小時噴霧一次，每次 30 秒。

試驗調查株高(Plant height)為土表至植株頂端高度；葉綠素計讀值(SPAD value)為葉綠素計(SPAD-502, Minolta Camera Co., Tokyo, Japan)測量展開葉片之讀值，每株測定 2 片葉片取平均值為代表；葉面積(Leaf area)為葉面積儀(leaf area meter, Li-3100, LI-COR, Lincoln, Nebr, USA.)計算完全展開葉片之葉面積；葉片焦枯比例(Leaf scorching ratio)為計算葉片邊緣焦估數量佔總葉片數之比例。

本試驗採裂區設計(Split plot design)，以遮陰處理為大區，噴霧處理為小區，每處理 3 重複，每重複 4 株。試驗期間各遮陰處理以 HOBO 光度及溫度感應器(HOBO® Pendant® Temperature / light data logger UA-002-64)紀錄氣象資料，每 2 小時紀錄 1 次。紀錄器之感光元件放置於植株上方不受植株遮擋之位置。

四、結果與討論

不同遮陰網處理下光度呈一定比例降低(圖 1)，計算試驗期間各遮陰處理間之平均光度，結果顯示分別相當於 100%、70%、54%、36%全日照，各處理白天平均光度約 586、410、316 及 214 $\mu mol\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$。_相同遮陰處理下之不同噴霧處理間環境溫度相當接近，顯示本試驗中噴霧處理對環境溫度影響不明顯，推測由於試驗場地為開放空間，環境溫度受到風等其他因素影響造成。試驗期間 100%及 70%日照處理之平均溫度波動接近，約 36.7°C -37.7°C，而 54%及 36%日照處理接近，約 32.8°C -33.8°C。適當遮陰可以有效降低環境溫度，本試驗中 50%及 90%黑網下的降溫效果接近，相較於全日照約降低 3°C -4°C。

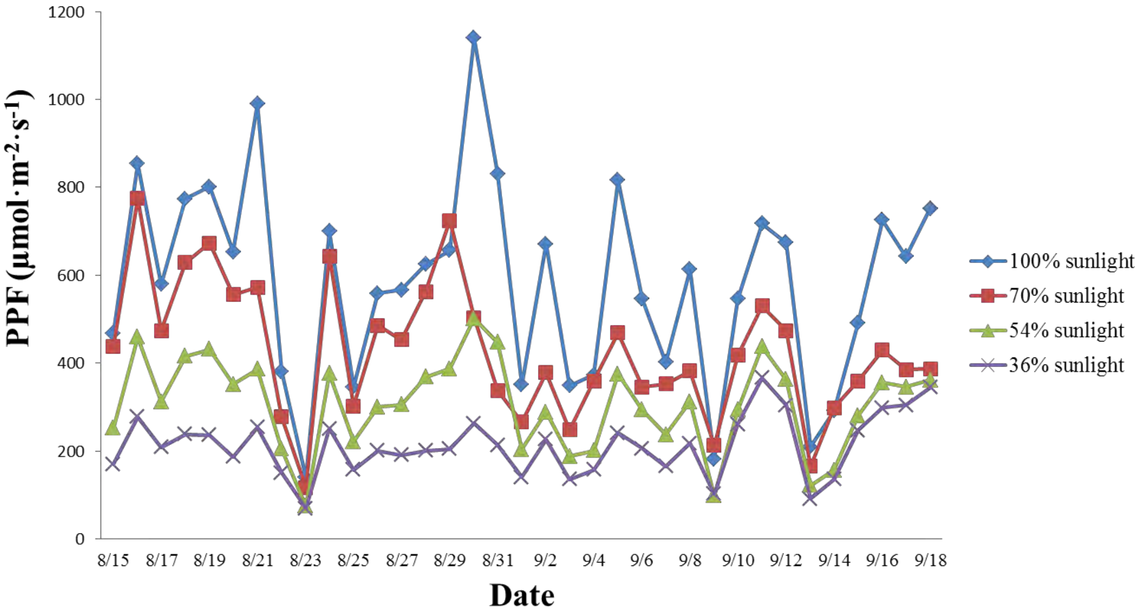


圖 1. 試驗期間不同光度處理之平均光度。

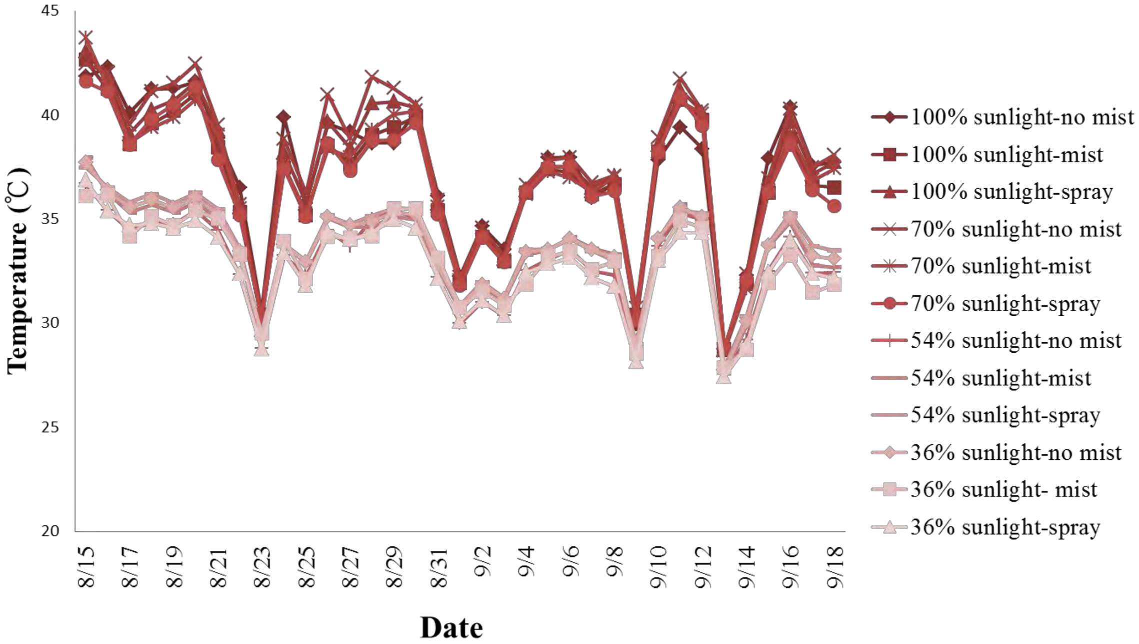


圖 2. 試驗期間不同光度及噴霧處理之平均光溫度。

表 1. 不同光度及噴霧對繡球花'Leuchtfeuer'植株及葉片生長之影響

Treatment Sunlight	Mist	Plant height (cm)	SPAD value	Leaf area (cm^2)	Leaf scorching ratio (%)
100%	no mist	25.3	39.8	30.1	72.4
sunlight	mist	26.8	34.2	35.5	75.5
	water spray	25.0	37.9	31.3	69.4
70%	no mist	27.5	38.6	58.1	40.8
sunlight	mist	27.4	42.8	55.4	45.7
	water spray	26.3	40.4	57.6	43.8
54%	no mist	32.5	45.7	58.1	4.5
sunlight	mist	34.4	45.7	56.8	3.5
	water spray	31.3	47.9	55.1	4.7
36%	no mist	29.8	51.3	57.7	3.9
sunlight	mist	30.0	51.8	57.0	3.9
	water spray	29.3	50.9	55.4	3.5
significance					
Sunlight(S)		***	***	***	***
Mist(M)		NS	NS	NS	NS
S × M		NS	NS	NS	NS

遮陰下,繡球花葉片葉綠素計讀值較全日照處理增加,葉色較深綠且具有光澤，全日照栽培植株葉片有黃化及葉緣焦枯甚至落葉情形,嚴重影響觀賞品質(圖 3)。江(1999)亦顯示相似的試驗結果，繡球花遮光 0%處理植株葉片有白化現象。植株光合作用器官長期暴露於強光之下，可能造成光合色素的氧化及破壞(Powles, 1984)。高溫環境亦容易乾燥失水，造成葉片葉緣焦枯。Bailey and Hammer (1990)指出溫度超過 30°C 容易發生 'Hydrangea distortion'現象，本試驗中觀察到全日照及 70%日照處理植株葉片變厚、株高較矮,但莖頂仍正常生長,並不完全符合 'Hydrangea distortion'現象。

本試驗中以 54%及 36%日照處理，平均光度 316-214 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$，平均溫度 29.7°C-29.9°C 具有較佳的營養生長。江(1999)指出繡球花光飽和點約 140-200 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$，本試驗中適度遮陰可以滿足其光飽和點，同時保有較佳的生產品質，因此建議夏季栽培時，利用遮陰網進行適度遮陰可以提供農民良好的生產品質，降低環境因素影響。

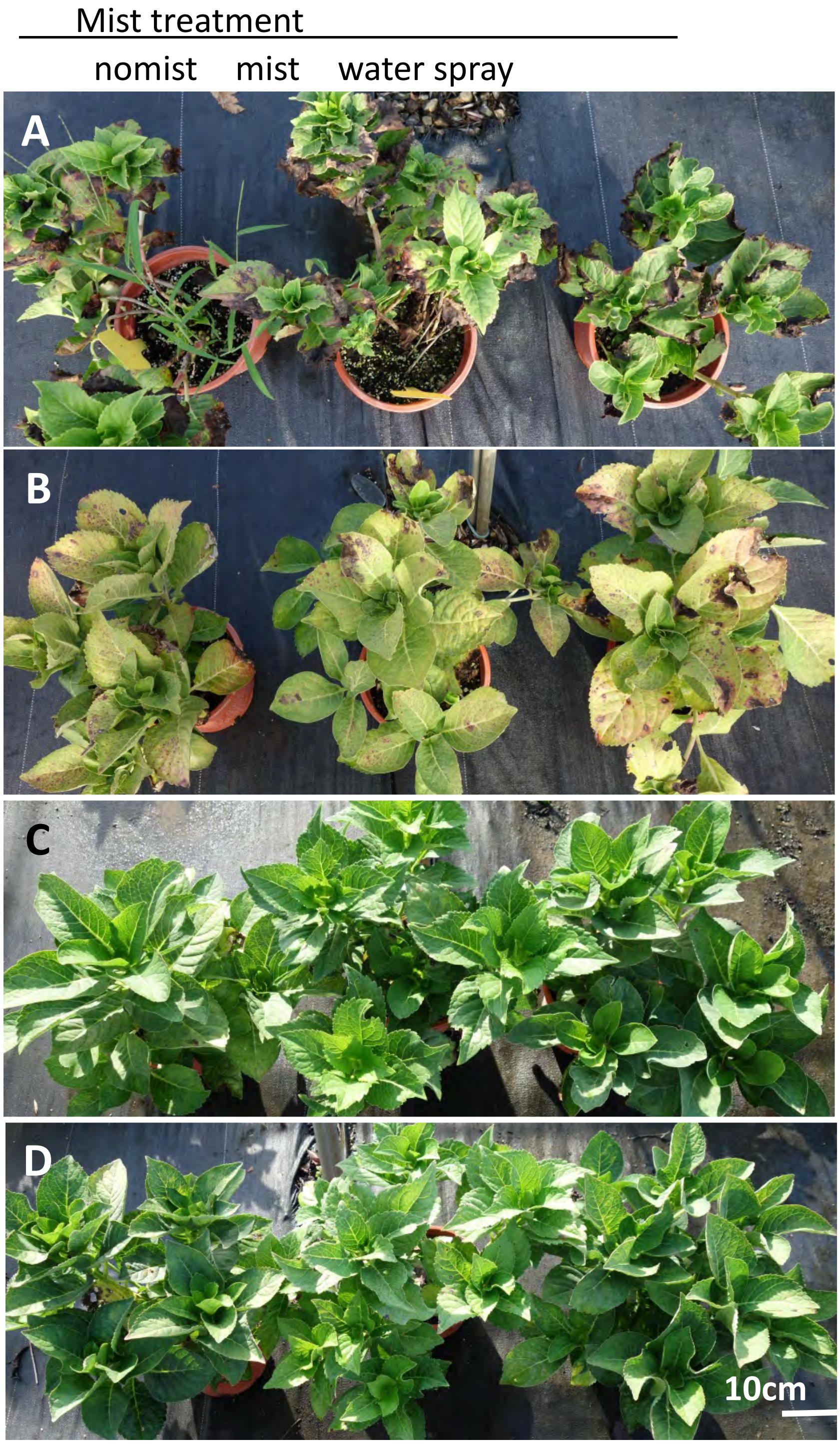


圖 3. 不同光度處理及噴霧處理之植株形態 A: 100%日照，B:70%日照，C:54%日照，D:36%日照。

五、結論

臺灣平地繡球花生產栽培以遮陰網製造 54%及 36%日照處理具有較高的株高、葉面積及葉綠素計讀值，葉色較綠且生長良好，而植株葉燒發生比例顯著較低，70%日照處理葉色偏黃，而 100%日照植株葉片具有黃化及葉緣焦枯甚至落葉情形，嚴重影響觀賞品質。因此建議臺灣夏季繡球花宜進行適當遮陰，平均光度 316-214 μmol m^{-2} s^{-1} 具有較佳的生長表現，有助於提升生產品質

六、參考文獻

1. 小西國義、今西英雄、五井正憲。1992。花卉花期控制。臺北市，臺灣。
2. 江秀紅。1999。溫度，遮光與容器及植株大小對繡球花生長與開花之影響。臺灣，臺北。
3. Bailey, D.A. 1989. Hydrangea production. Timber Press, Inc.
4. Bailey,D.A. and P.A. Hammer.1990.Possible Nonpathogenic origin of hydrangea. distortion. HortScience. 25, 808-808.
5. Powles, S.B.1984. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. Ann. Review of Plant Physio., 35, 15-44.

火鶴切花盆植設施栽培技術

黃雅玲[**]、陳福旗*
[*]國立屏東科技大學農園生產系
[**]高雄區農業改良場

一、摘要

火鶴花屬於天南星科植物，原產地分佈於中南美洲。切花火鶴全臺種植面積約177 公頃，高屏兩區種植面積約 67 公頃，佔全臺種植面積的 38％，為極佳的外銷切花作物。本計畫目的為探討設施栽培對品質及產量促進之效果，以及建立火鶴花種苗更新繁殖技術，希望未來大幅降低花農種植時的購苗成本，提升該產業的國際競爭力。經試驗結果顯示，盆植切花品種，溫室栽培之切花產量及品質與網室及塑膠防雨棚相當，處理間並無顯著差異；種苗更新試驗以水草為更新介質效果最佳，椰塊做為後續栽培介質對切花品質有促進效果。因此，就整體試驗結果而言，以椰塊操作上最為容易，時間運用上最短，因此後續以椰塊進行場外相關試驗。火鶴花栽培模式切花產量及品質須待進一步觀察，以期建立延長切花火鶴採收期，及穩定切花產量及品質的栽培模式。

二、前言

火鶴花（*Anthurium*spp.）屬於天南星科(Araceae)、火鶴花屬(*Anthurium*)之多年生草本植物，英名為 Flamingo flower、Tail-flower、Wax flower，別名花燭、紅燭、紅苞芋、安世蓮、紅掌、大團扇。原生於哥斯大黎加、墨西哥等中南美洲及夏威夷熱帶雨林地區。原生種約在 1,000 種左右，基本上可分為 4 個族群，分別是 *Anthuriumandraeanum* 栽培種(為目前切花栽培的主要品種來源)、*Anthuriumandraeanum* 與 *Anthuriumandreacola*(矮生原種)的雜交種、*Anthuriumscherzerianum*(紅苞芋)，及一些觀葉觀果的品種(陳，1998；莊及陳，2005；Brickell et al., 1996；Croat, 1983；Croat, 1986；Croat, 1991；Kamemoto and Kuehnle, 1996)。火鶴花進入成年期後，依循一葉一花的發育模式生長，在花芽發育初期(約 5cm 長)會有一段休眠期，而後再繼續發育，期間則因品種及栽培環境而異，一般在低溫及低光下所須時間較長。在花芽發育的過程中若遇到不適當的環境逆境，則會導致花芽的畸型或停止生長(黃，2009；莊等，2009；黃及莊，2011；French and Hegnauer, 1997)。

切花火鶴主要栽培於台中、南投、嘉義、台南、高雄及屏東等地區，為外銷日本的重要花卉(李，2011；李，2003)。火鶴花農大都使用 W 型槽椰塊為介質栽培，但

椰塊隨著種植年期容易產生酸化，種植初期 pH 值為 6.64，EC 值為 1.16(mS/cm)。經種植 2 年後，若介質未經過適當淋洗，pH 值降低至 4.96，EC 值上升為 6.12(mS/cm)，造成植株各種生理性障礙，嚴重影響火鶴切花產量及品質(黃，2012)。近幾年來荷蘭切花業者部分改採用套盆的栽培模式，希望有效提高切花火鶴種植年限。套盆栽培的介質使用量較少，並可解決介質酸化及病蟲害管理等問題(李，2003；Anthura B. V., 2002；Knaap *et al*., 2002)。本試驗擬利用設施盆植栽培模式，解決切花火鶴種植時介質酸化、傳統 W 型槽缺點、特定病蟲害發生…等問題(黃，2012)。另外，探討種苗更新最佳介質、肥料及採用方式，未來可以提供花農運用，延長切花採收期。

三、材料與方法

一、探討盆植切花栽培對產量及品質之影響：本試驗以傳統水平棚架網室、塑膠防雨設施及水牆溫室栽培切花火鶴，探討對植株生長、切花產量及切花品質之影響，試驗品種為天使(Angel)，每處理5重複，每重複10株，栽培介質為椰塊，肥料每2星期施用 Peters(20：20：20)。調查項目包括平均切花產量、平均花苞片寬度、平均切花長度、植株高度、最大葉長、最大葉寬等。

二、探討不同栽培介質對火鶴花種苗成活率及更新效果之影響：本試驗利用3.5吋白色塑膠軟盆，裝盛不同栽培介質包括椰纖、椰塊、水草及岩綿，並包覆於火鶴花成株之離土位置的莖部，探討對新根系培養之效果，試驗品種為千里馬(Xavia)，肥料每 2星期施用Peters(20：20：20)。調查項目包括株高、葉長、葉寬、切花品質及切花產量。

三、統計分析：本試驗採用隨機完全區集設計(Randomized complete blockdesign, RCBD)，試驗統計方法採用 SAS(Statistical Analysis System，v8.02，Cary、NC)進行變方分析(ANOVA)及最小差異顯著性(LSD)測驗。

四、結果與討論

4.1 探討盆植切花栽培對產量及品質之影響

經試驗結果顯示，以傳統水平棚架網室、塑膠防雨設施及水牆溫室盆植栽培切花火鶴，在 1-9 月間平均切花產量無顯著差異，防雨網室 40.75 支最多，其次為網室及溫室，分別為 40.50 及 37.75 支；花苞片寬度亦無顯著差異，平均約在 10.32-11.02 cm；平均切花長度以網室 46.79cm 表現最佳，其次為溫室及防雨網室的 41.03 及 39.67cm(表 1)。不同月份切花產量調查方面，火鶴花為一葉一花開花的方式，因此不同月份溫室切花產量並無明顯高於其他處理，5 月份防雨網室切花產量較佳，6 月份則以網室切花產量較高 (表 2)。不同月份花苞片寬度及切花長度調查方面，7-9 月網室明顯優於防雨塑膠布及溫室，探討因素為光度及濕度的調控仍有待改善 (表 3 及表 4)。盆植切花火鶴植株生育之影響方面，平均株高以網室最佳達 73.2cm，其次為防雨

網室及溫室，分別為 70.5 及 67.25cm；平均葉片寬度亦以網室最佳達 21.13cm，其次為溫室及防雨網室，分別為 19.48 及 19.18cm；平均葉片長度則以網室及溫室最佳，分別達 29.65 及 27.03cm，其次為防雨網室的 24.53cm (表 5)。因此就整體試驗結果而言，以溫室栽培在切花產量及品質與網室及塑膠防雨棚相當(表 9)。

表 1. 不同設施栽培對盆植切花火鶴產量及品質之影響

性狀調查/不同設施	平均切花產量 (10 株)	平均花苞片寬度 (cm)	平均切花長度 (cm)
溫室	37.75a	10.48a	41.03b
網室	40.50a	11.02a	46.79a
防雨網室	40.75a	10.32a	39.67b

※種植日期：102 年 7 月 12 日；切花調查期間：104 年 1 月至 104 年 9 月

表 2. 不同設施栽培對盆植切花火鶴不同月份切花產量之影響(單位：支)

切花產量/	Month								
不同設施	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
溫室	6.25a	1.75a	5.00a	6.00a	5.25ab	3.50b	4.00a	4.25a	1.75a
網室	3.50a	2.00a	5.00a	7.00a	4.50b	6.75a	4.75a	3.50a	3.50a
防雨網室	3.75a	2.00a	4.00a	6.75a	7.25a	3.25b	4.75a	6.00a	3.50a

※種植日期：102 年 7 月 12 日；切花調查期間：104 年 1 月至 104 年 9 月

表 3. 不同設施栽培對盆植切花火鶴不同月份花苞片寬度之影響 (單位：支)

花苞片寬度	Month								
/不同設施	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
溫室	10.42a	10.39a	11.45a	11.85a	11.03a	10.60a	9.66b	9.52b	9.36b
網室	10.30a	10.50a	12.00a	12.00a	11.73a	11.33a	11.05a	11.60a	11.65a
防雨網室	10.18a	11.03a	11.88a	12.08a	11.40a	11.19a	10.45a	10.32b	10.56ab

※種植日期：102 年 7 月 12 日；切花調查期間：104 年 1 月至 104 年 9 月

表 4. 不同設施栽培對盆植切花火鶴不同月份切花長度之影響(單位：支)

切花長度/	Month								
不同設施	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
溫室	45.23a	45.00a	46.05a	44.98a	40.43b	41.83b	37.70b	33.73b	34.33b
網室	45.83a	44.00a	47.90a	43.48a	45.75a	49.78a	47.88a	50.03a	53.98a
防雨網室	47.23a	47.83a	46.98a	46.78a	41.05b	40.10b	32.60c	35.90b	40.55b

※種植日期：102 年 7 月 12 日；切花調查期間：104 年 1 月至 104 年 9 月

表 5. 不同設施栽培對盆植切花火鶴植株生育之影響

性狀調查/不同設施	平均株高 (cm)	平均葉片寬度 (cm)	平均葉片長度 (cm)
溫室	67.25c	19.48b	27.03ab
網室	73.20a	21.13a	29.65a
防雨網室	70.50b	19.18b	24.53b

※種植日期：102 年 7 月 12 日；切花調查期間：104 年 7 月 15 日

4.2 探討不同栽培介質對火鶴花種苗成活率及更新效果之影響

1. 不同栽培介質對植株生育之影響：本試驗利用 3.5 吋白色塑膠軟盆，裝盛不同栽培介質包括椰纖、椰塊、水草及岩綿，並包覆於火鶴花成株之離土位置的莖部，探討對新根系培養之效果。試驗結果顯示，更新種植 6 個月後，千里馬頂芽利用水草種植效果最佳，株高為 75.2±13.8cm，其次為岩棉 73.6±6.4cm，葉長及葉寬則以水草及椰纖最佳，分別為 26.2±4.3×20.3±3.2cm 及 25.2±3.4×20.0±2.0cm；再生芽利用椰塊種植效果最佳，株高為 67.7±3.7cm，其次為水草 62.3±10.3，葉長及葉寬則以椰纖及水草最佳，分別為 26.7±1.0×21.1±0.1cm 及 25.1±3.6×20.2±3.0cm (表 6)。更新種植 12 個月後，頂芽利用水草種植效果最佳，株高為 95.3±1.8cm，其次為岩棉 87.8±9.0cm，葉長及葉寬則以椰纖及水草最佳，分別為 27.6±5.6×21.9±3.4cm 及 27.3±1.3×22.0±0.0cm；再生芽利用水草種植效果最佳，株高為 79.4±10.6cm，其次為椰塊 78.8±1.2cm，葉長及葉寬則以椰塊及水草最佳，分別為 26.3±3.3×21.7±2.2cm 及 25.6±3.4×20.2±1.7cm。因此，試驗整體表現結果，以水草為更新介質效果最佳 (表 7)。
2. 不同栽培介質對切花品質之影響：頂芽初期第 1 支切花品質以水草較佳，花苞片寬度達 9.9±3.9cm，其次為椰纖 9.5±3.5cm，後續切花表現，以椰塊最佳，其次為水草及椰纖 (表 8)；再生芽初期第 1 支切花品質以椰塊較佳，花苞片寬度達 8.4±0.9cm，其次為椰纖 7.5±0cm，後續切花表現，以椰塊最佳，其次為對照組及水草。就整體試驗結果而言，以椰塊操作上最為容易，時間運用上最短，因此後續以椰塊進行場外相關試驗栽培輔導 (表 9)。

表 6. 不同栽培介質對火鶴花種苗更新植株生育之影響 (種植後 6 個月) 單位：cm

性狀調查/不同介質	頂芽			再生芽		
	株高	葉長	葉寬	株高	葉長	葉寬
對照組	67.8±4.0	24.4±1.4	18.1±1.2	58.4±3.6	23.8±2.2	19.2±2.8
椰纖	70.3±7.3	25.2±3.4	20.0±2.0	44.1±19.9	22.2±10.2	13.9±7.1
椰塊	72.6±18.6	24.5±7.0	19.1±4.4	67.7±3.7	26.7±1.0	21.1±0.1
水草	75.2±13.8	26.2±4.3	20.3±3.2	62.3±10.3	25.1±3.6	20.2±3.0
岩棉	73.6±6.4	24.9±3.6	19.7±1.5	53.9±6.3	23.0±2.5	17.8±1.7

※處理日期：103 年 5 月 23 日；更新日期：103 年 8 月 1 日；調查日期：104 年 1 月 15 日

表 7. 不同栽培介質對火鶴花種苗更新植株生育之影響 (種植後 12 個月) 單位：cm

性狀調查 / 不同介質	頂芽			不定芽		
	株高	葉長	葉寬	株高	葉長	葉寬
對照組	80.1±7.1	26.5±1.5	21.5±0.5	74.5±3.5	25.5±2.0	19.9±1.1
椰纖	86.8±20.8	27.6±5.6	21.9±3.4	68.2±20.2	24.3±6.8	19.2±6.2
椰塊	86.8±22.8	27.3±5.8	21.8±3.3	78.8±1.2	26.3±3.3	21.7±2.2
水草	95.3±1.8	27.3±1.3	22.0±0.0	79.4±10.6	25.6±3.4	20.2±1.7
岩棉	87.8±9.0	26.5±4.0	21.2±1.1	68.5±9.0	24.4±2.4	19.1±2.0

※處理日期：103 年 5 月 23 日；更新日期：103 年 8 月 1 日；調查日期：104 年 7 月 15 日

表 8. 不同栽培介質種苗更新後對切花產量及品質之影響 (頂芽) 單位：cm

切花品質 / 不同介質	第 1 支花	第 2 支花	第 3 支花	第 4 支花	第 5 支花	第 6 支花
對照組	7.7±2.2	8.3±5.7	8.9±1.6	9.1±1.1	9.6±0.1	11.5±0
椰纖	9.5±3.5	9.3±1.25	9.4±3.9	9.1±1.1	10.4±1.4	11.9±1.9
椰塊	7.4±0.6	10.6±3.0	10.1±0.6	9.9±1.6	10.3±0.3	13.5±0
水草	9.9±3.9	9.8±0.75	9.3±0.75	9.5±0.5	11.3±0.8	12.5±0
岩棉	8.4±3.1	8.6±1.9	8.5±1.5	9.1±0.6	11.4±0.6	11.5±0

※處理日期：103 年 5 月 23 日；更新日期：103 年 8 月 1 日；調查日期：104 年 1 月至 10 月

表 9. 不同栽培介質種苗更新後對切花產量及品質之影響 (再生芽) 單位：cm

切花品質 / 不同介質	第 1 支花	第 2 支花	第 3 支花	第 4 支花	第 5 支花	第 6 支花
對照組	6.3±2.4	7.1±1.4	8.3±1.7	8.3±1.3	9.8±1.3	---
椰纖	7.5±0.8	8.4±0.4	7.9±1.8	8.0±2.0	8.0±0.9	12.0±0
椰塊	8.4±0.9	7.8±1.3	8.6±0.6	10.4±1.1	11.9±1.4	---
水草	6.3±1.5	7.9±1.1	7.3±1.8	9.7±2.7	9.2±2.8	10.0±0.0
岩棉	6.0±1.3	6.9±1.6	8.2±1.8	8.9±1.9	8.6±2.1	9.0±0

※處理日期：103 年 5 月 23 日；更新日期：103 年 8 月 1 日；調查日期：104 年 1 月至 10 月

五、結論

火鶴花切花盆植栽培方面，就整體試驗結果而言，以溫室栽培在切花產量及品質與網室及塑膠防雨棚相當，未來可繼續探討提高產量及品質之方法，例如：光強度、濕度、肥料…等因素。種苗更新繁殖技術，經試驗結果顯示，以離土位置莖部培養新

種苗之技術確實可以有效獲得健康種苗。此技術更新後之種苗更可配合快速恢復生產，縮短切花生產中斷的空窗期，未來仍會持續調查切花產量及切花品質，以建立完整之栽培模式，提供火鶴花農參考運用。

六、參考文獻

1. 李皇照。2011。日本進口洋桔梗和火鶴花來源國家與檢疫分析。台灣花卉園藝。282: 20-24。
2. 莊耿彰、陳福旗。 2005。火鶴花。台灣農家要覽。豐年社，台北市。pp. 675-684。
3. 莊耿彰、陳福旗、王昭月、謝廷芳。2009。生物技術於火鶴花品種開發與種苗繁殖之應用。農業生技產業季刊。17: 46-53。
4. 陳福旗。1998。火鶴花。高屏地區重要花卉專輯。pp. 107-124。
5. 黃雅玲。2009。切花火鶴溫室栽培可行性之探討。高雄區農業專訊。68: 8-9。
6. 黃雅玲、莊耿彰。201。火鶴花新品種與設施栽培技術。花卉研究團隊研發成果研討會。行政院農業委員會農業試驗所。pp. 107-116。
7. 黃雅玲。2012。切花火鶴栽培模式之改變~套盆栽培。高雄區農業專訊。79:12-13。
8. 李仍亮。2003。日本火鶴花產業概況。火鶴花專刊。台灣區花卉發展協會 P.15-19。
9. 李美慧。2003。荷蘭火鶴花產業概況。火鶴花專刊。台灣區花卉發展協會。pp.20-35。
10. Brickell, C., T. Cole and J. D. Zuk. 1996. *Anthurium*. pp.123-124. In: Brickell, C., T. Cole, and J. D. Zuk (eds). A-Z Encyclopedia of Garden Plants. The Reader’s Digest Association, Canada
11. Croat, T. B. 1983. A Revision of the Genus *Anthurium* (Araceae) of Mexico and Central America. Part Ⅰ：Mexico and Middle America. Ann. Missouri Bot. Garden 70: 211-420.
12. Croat, T. B. 1986. A Revision of the Genus *Anthurium* (Araceae) of Mexico and Central America. Part Ⅱ: Panama. Ann Missouri Bot. Garden 70: 211-420.
13. Croat, T. B. 1991. A Revision of *Anthurium* Section Pachyneurium (Araceae). Ann. Missouri Bot. Garden 78: 539-855.
14. French, J. C. and R. Hegnauer. 1997. The Genera of Araceae. pp.103- 109. Royal Botanic Gardens, Kew.
15. Kamemoto H. and A. R. Kuehnle. 1996. Breeding Anthuriums in Hawaii. pp.13-27. University of Hawaii Press, Honolulu.
16. van der Knaap, N., M. van Herk, R. Kuijf, M. van der Leeden, W. Gijzen, J. van Dijk, N. van Rosmalen, J. van Spingelen, A. Lont, and A. van Os. 2002. Cultivation Guide AnthodiumPot Plant Culture. Anthura B.V., Bleiswijk, Holland.

我國設施農業產業基礎資料建置
與經濟效益推估

萬鍾汶*、吳柏青**、萬一怒***、楊上禾****、黃文星*****
盧永祥******、楊江益**、陳海菁*******、高佳筠*
*國立中興大學應用經濟學系
**國立宜蘭大學生物機電工程學系
***國立中興大學生物產業機電工程學系
****國立中興大學生物產業管理研究所
*****朝陽科技大學企業管理學系
******國立嘉義大學生物事業管理學系
*******中華大學觀光與會展學系

一、摘要

我國應用設施進行作物栽培已有近 30 年的經驗，從早期的網室蔬菜，簡易溫室花卉到近年導入智能型溫室，設施種類態樣多元，但造價上差異頗大。主計總處公告現有設施農業的作物面積已逾3.3 萬公頃佔全國耕地總面積6%。因應全球氣候變遷，學研界皆倡議加強發展科技化設施栽培蔬菜、果樹、花卉等經濟作物，提高生產效能及品質，以促進農業經濟。為評估設施農業投資發展動態及掌握其經濟面與市場面狀況，萬鍾汶等人(2014、2015)有系統地蒐集我國設施農業產業基礎資料，含括蔬菜、水果、花卉選定 10 項農作物。統整兩年調查樣本初級資料，並結合農改場依轄區重點設施作物之調查樣本，逐年修正計算權重及檢核優化基礎資料，已完成 10 項設施農作物經濟效益(投資報酬率及粗收益)之推估。

經濟效益推估結果中，蔬菜類以小葉菜投報率(147.82%)為最高、苦瓜次之(55.41%)，粗收益以番茄最高(75.91 萬元/分地)、小葉菜次之(67.33 萬元/分地)；水果類中以投報率(80.38%)及粗收益(59.35 萬元/分地)均以草莓最高。本次調查草莓、葡萄、木瓜三項水果之投報率均為正值。各作物在各地區別中(北、中、南、東)之投報率及粗收益亦有所差異。而在不同態樣別中(水平棚架網室、簡易塑膠布網室、簡固型溫室、鋼骨結構型溫室)也會呈現不同的效益表現。因此如何在地區別、作物別、態樣別中找出適合該地區最佳組合，應需參考多方資訊方能做出最適之決策。

關鍵字：設施農業、經濟效益、小葉菜、甜椒、苦瓜、番茄、菇類、木瓜、葡萄、草莓、洋桔梗、文心蘭

二、前言

我國位居亞熱帶地區，近年颱風連續降雨等極端氣候發生頻率增高，異常的天象亦不時造成農作損失，影響農業經濟生計至鉅。而各國公認利用設施栽培，不啻為穩定農業生產及提高農產品品質的有效解決之道。無論從供給、需求、環境或生態層面來看，我國傳統農業經營轉型為設施農業經營乃必然的發展趨勢。尤其因應全球氣候變遷，學研界皆倡議加強發展科技化設施栽培蔬菜、果樹、花卉等經濟作物，以提高生產效能及品質。基於現代化的設施農業屬於高投入高產出，資金、技術密集型的產業，農委會為能適時掌握我國設施農業產業經濟面及市場面狀況，有必要透過完整的調查與分析，以因時因地制宜擬訂我國設施農業之整體性短中長程推動策略。

本研究團隊自 2014 年起配合農委會企劃處委託計畫〝發展設施農業產業之市場及經濟效益分析研究〞，循序透過問卷抽樣調查蒐集我國設施農業產業基礎資料，包含設施態樣、作物種類、生產面積、經濟效益及設施產品市場等初級資料，以完善我國設施農業產業基本資料庫。萬鍾汶等人 2014 年執行計畫重點成果為提出我國設施農業之定義與範疇，並依蔬、果、花、菇類選定八項代表性設施作物(番茄、小葉菜、甜椒、葡萄、木瓜、洋桔梗、文心蘭、新興菇類)為研究標的，進行設施栽培生產問卷，以及研發投資設施農業所衍生的經濟效益的統計推估流程及經濟效益比較方式，進而結合農業次級資料推估主要設施農業之產值及產業價值鏈結構。萬鍾汶等人次年(2015)延續此計畫，新增苦瓜、草莓以及高新設施作物為研究標的，據之進行作物別、地區別及設施態樣等級加以分析比較經營效益間之差異，進而修正推估主要設施作物之產值及獲利性。今年(2017)為更加完善我國設施農業產業資料庫，乃進行資料庫優化及修正設施農業產業經濟效益之推估結果，以提供相關單位擬定政策之參考依據。

三、材料與方法

我國採用設施栽培的農作物品項眾多，為全面掌握我國園藝設施作物產銷現況，2014 年計畫的研究標的乃同時含括蔬菜、水果、花卉三大類，再經由各領域專家研商，選定具代表性的八種細項作物為研究標的，水果類為葡萄與木瓜；蔬菜為小葉菜、水果番茄、甜椒及菇類(新興菇如木耳等)；花卉為洋桔梗與文心蘭。2015 年計畫依據實務現況新增苦瓜、草莓以及其他-高新設施作物三項。

原始調查問卷設計本欲針對個別作物生物與栽培特性來探討各設施農產品之經濟效益。但試調後發現各細項作物在 2013 年生產成本與收益填項與農業年報採用的項目並無太大差異，故採用統一問卷，並以民國 102 年為調查基礎年。問卷設計內容包含農業設施等級別、生產成本、銷售通路與收益等單元。

為掌握我國不同類型設施農業的分佈現狀，本研究蒐集既有農業年報資料，以露天種植單位產量及收益作為基礎值，再根據 99 年農林漁牧業普查資料或向各地區農

改場取得使用設施之農場名單，2014 年實地調查訪問設施農場 160 戶(每項設施作物 20 戶)。由於設施作物品項繁多，擬針對作物別、縣市別及設施層級別進行分層抽樣，以掌握設施農業種植作物與所占面積及收益之農產品價差比對，並可進一步推估各類型設施經營之產值與附加價值。2015 年計畫延續性蒐集各項設施農場樣本資料，除增加既有主要設施蔬菜、果樹、花卉品項之樣本數 85 戶外，另再配置新增標的作物（草莓、苦瓜及高新設施作物等）樣本 75 戶。透過各地區農會及農業改良場取得使用設施之農場主名單，針對作物別、縣市別及設施層級別進行分層抽樣共計完成 148 戶。此外，2015 年度桃園、苗栗、台中、台南、高雄五個區域農改場就轄區內重點作物及番茄依萬鍾汶等人(2014)研究問卷為基礎，進行問卷調查以蒐集設施農業產銷營運資料。2016 計畫曾將前二年設施農戶資料整併；本(2017)年計畫則再納入各農改場的樣本資料完成設施農業經濟資料庫的建置，進行全面性資料檢核以優化基礎資料。

在進行經濟效益分析前，需先將既有抽樣資料進行整合與檢核一致性，檢核計畫及農改場兩方資料中受訪對象是否重複，重複樣本依據其填答問卷之完整性及調查主要作物是否重複作為篩選準則。此外，為配合行政院主計總處最新公告 2015 年農林漁牧普查資料，2017 年計畫的重點項目之一即是將地區別之設施分類重新檢視及分類，以利後續資料之連結與應用。經由簡核樣本有效性及剔除重複樣本後，優化後我國設施農業資料庫的總樣本數合計 361 戶(表 1)，包含蔬菜類 227 戶、水果類 68 戶、花卉類 66 戶。

表 1　作物設施調查樣本總表

作物別	2014 年	2015 年		2017 年			
	計畫	計畫	農改場	重複	資料庫	無效	分析
甜椒	20	20	-	-	40	4	36
苦瓜	-	40	-	-	40	11	29
小葉菜	20	17	20	1	57	10	45
菇類	19	-	-	-	19	0	19
番茄	20	20	78	5	112	14	98
木瓜	20	15	-	-	35	3	32
葡萄	20	-	-	-	20	0	20
草莓	-	15	15	-	30	14	16
洋桔梗	21	16	15	5	47	1	46
文心蘭	20	-	-	-	20	0	20
高新作物	-	20	-	-	20	-	-
合計	160	163	128	11	440	59	361

資料來源：萬鍾汶等人(2014、2015、2017)。

四、結果與討論

經前述樣本檢核及地區別調整後，我國設施農業就不同作物在地區別、態樣別呈現分布情形如表 2 所示。361 戶樣本以中部地區 181 戶佔整體樣本 50.1%為最多，其次為南部地區 107 戶(佔 29.6%)、北部地區 62 戶(佔 17.2%)，東部地區僅 11 戶(佔 3.0%)。進而依照作物別觀察，設施資料庫中蔬菜類共計 227 個樣本點，其中以中部地區(102 戶)佔整體樣本之 44.9%為最多，其次為南部地區 66 戶(佔 29.1%)；水果類樣本共計 68 戶，集中在中部地區(31 戶，佔 45.6%)及南部地區(27 戶，佔 39.7%)；花卉類則有逾七成是在中部地區(48 戶，佔 72.7%)。

表 2 作物設施調查樣本於各地區之分布

作物別＼地區別		北部	中部	南部	東部	全國
蔬菜	甜椒	5	15	14	2	36
	苦瓜	0	4	21	4	29
	小葉菜	23	18	1	3	45
	菇類	0	10	9	0	19
	番茄	21	55	21	1	98
小計	樣本數	49	102	66	10	227
	佔比(%)	21.6	44.9	29.1	4.4	100.0
水果	木瓜	0	7	25	0	32
	葡萄	0	20	0	0	20
	草莓	9	4	2	1	16
小計	樣本數	9	31	27	1	68
	佔比(%)	13.2	45.6	39.7	1.5	100.0
花卉	洋桔梗	0	38	8	0	46
	文心蘭	4	10	6	0	20
小計	樣本數	4	48	14	0	66
	佔比(%)	6.1	72.7	21.2	0.0	100.0
合計	樣本數	62	181	107	11	361
	佔比(%)	17.17	50.14	29.64	3.05	100.00

資料來源：萬鍾汶等人(2014、2015、2017)。

繼而依據態樣別觀察各類作物之分布(參見表 3)，整體以簡易型設施佔 48.5%為主(175 戶)，其次為簡固型設施佔 21.3%(77 戶)及水平棚架佔 18.8%(68 戶)，鋼骨型設施

則是四個態樣別中最少者，僅佔 11.4%(41 戶)。再以各類作物觀察其設施態樣等級之差異，蔬菜類中簡易型設施佔 44.1%、簡固型設施佔 26.4%，即佔了蔬菜類的七成比例；水果類則是以簡易型設施佔五成，其次則是水平棚架約佔 35.3%；花卉類以簡易型設施佔 62.1%為主，水平棚架佔近兩成次之。

表 3 各作物設施調查樣本於各態樣之分布

作物別＼態樣別		水平棚架網室	簡易塑膠布網室	簡固型溫室	鋼骨結構型溫室	合計
蔬菜	甜椒	11	17	6	2	36
	苦瓜	10	17	2	0	29
	小葉菜	8	27	10	0	45
	菇類	0	0	8	11	19
	番茄	2	39	34	23	98
小計	樣本數	31	100	60	36	227
	佔比(%)	13.7	44.1	26.4	15.9	100.0
水果	木瓜	19	12	1	0	32
	葡萄	0	16	4	0	20
	草莓	5	6	5	0	16
小計	樣本數	24	34	10	0	68
	佔比(%)	35.3	50.0	14.7	0.0	100.0
花卉	洋桔梗	0	35	7	4	46
	文心蘭	13	6	0	1	20
小計	樣本數	13	41	7	5	66
	佔比(%)	19.7	62.1	10.6	7.6	100.0
合計	樣本數	68	175	77	41	361
	佔比(%)	18.84	48.48	21.33	11.36	100.00

資料來源：萬鍾汶等人(2014、2015、2017)。

在計算經濟效益前，先就各作物進行各態樣之造價成本計算(見表 4)，水平棚架網室中以花卉造價成本相對較高(260.3 萬元/公頃)，簡易塑膠布網室中則以蔬菜類相對較高(542.8 萬元/公頃)、水果類次之(530.7 萬元/公頃)，簡固型溫室中以花卉相對較高(1125.9 萬元/公頃)，鋼骨結構型溫室亦以花卉相對較高(4122.0 萬元/公頃)。

表 4 各作物設施調查樣本於各態樣之造價成本(單位：萬元/公頃)

作物別 \ 態樣別		水平棚架網室	簡易塑膠布網室	簡固型溫室	鋼骨結構型溫室
蔬菜	甜椒	147.7	605.9	792.9	1134.1
	苦瓜	145.9	283.9	850.6	1306.0
	小葉菜	117.5	626.0	972.6	1443.4
	菇類	1897.1	0.0	1256.6	2886.9
	番茄	206.2	655.2	965.7	1396.5
平均成本		154.3	542.8	895.4	1320.0
水果	木瓜	98.8	125.4	195.9	1752.7
	葡萄	103.1	346.8	713.5	0.0
	草莓	24.5	530.7	1022.4	0.0
平均成本		75.5	334.3	643.9	1752.7
花卉	洋桔梗	0.0	499.0	775.3	1269.4
	文心蘭	260.3	249.2	1476.5	6974.5
平均成本		260.3	374.1	1125.9	4122.0

資料來源：萬鍾汶等人(2017)。

對於設施作物經濟效益之推估，依據過去研究調查問卷資料估得的粗收益及成本而得，成本包含當年度花費之種苗、人工、耗材等生產費用，以及直接費用(農用設施費、農機具費等)，接著再計算出各作物別之產值與投資報酬率。採用之資料來源是取自於資料庫中針對 2013 年設施農場之收益及成本，計算單項作物樣本之收益及成本，由於該年度並無發生嚴重天災，故可視之為正常年，供做為比較基準或參考年度較近二年為適。

表 5 為呈現設施蔬菜的各項效益指標性，包括甜椒、苦瓜、小葉菜、菇類及番茄等五項作物。其中以菇類的粗收益為最高，每分地可達 554.51 萬元；但相對其成本也是列舉蔬菜項目中最高的，每分地成本高達 596.01 萬元；其投報率亦是五個品項當中唯一負值者(-6.96%)。由於新興菇類(如木耳)為高投資、高報酬、高風險之作物，個別農戶在設施投資上差異頗大，推估結果可能並不適合所有菇類設施農戶，故不再納入後續分析。

在其他蔬菜品項的粗收益方面(表 5)，番茄的粗收益為每分地 75.91 萬元，屬於收益較高之作物，其次則是小葉菜的每分地 67.33 萬元，粗收益最低者則為甜椒的每分地 25.17 萬。至於在投報率部分，以小葉菜的 147.82%為最高，苦瓜投報率 55.41%及番茄投報率 48.37%次之。從表 5 資料亦可得知各地區之蔬菜重點作物。在北部地區，以小葉菜的投報率 249.94%為最高，然而其粗收益(82.47 萬元/分地)則略低於番茄

(99.55 萬元/分地)；在中部地區，則是以菇類的粗收益及投報率明顯高於其他作物，番茄次之；在南部地區，以番茄之粗收益及投報率表現較佳，其中小葉菜的樣本數偏低，故相關數據資料須斟酌使用；在東部地區，由於番茄樣本數較低不納入分析探討，以苦瓜及小葉菜兩者的投報率與粗收益表現較佳。

進而將設施蔬菜作物依據態樣別計算各作物之粗收益及投報率，相關數值詳見表6。其中，甜椒以鋼骨結構溫室的投報率為最高(33.31%)，其粗收益則以簡固型溫室為最高(42.5 萬元/分地)；苦瓜是以簡固型溫室的投報率 277.67%及粗收益(50.88 萬元/分地)為較高；小葉菜及番茄皆以簡易塑膠布網室的投報率為最高，投報率分別為251.38%及 135.76%，粗收益皆以簡易塑膠布網室為最高，分別為小葉菜(84.73 萬元/分地)、番茄(87.03 萬元/分地)。

表 5 設施蔬菜經濟效益試算─地區別

作物	項目	全部樣本	地區別			
			北部	中部	南部	東部
甜椒	樣本數(戶)	36	5	15	14	2
	粗收益(千元/分地)	251.7	430.0	235.8	197.9	301.6
	成本(千元/分地)	234.2	328.4	265.1	164.5	255.5
	投報率(%)	7.46	30.92	-11.04	20.33	18.04
苦瓜	樣本數(戶)	29	0	4	21	4
	粗收益(千元/分地)	313.4	-	441.3	231.7	614.0
	成本(千元/分地)	201.6	-	151.2	211.7	199.5
	投報率(%)	55.41	-	191.90	9.48	207.79
小葉菜	樣本數(戶)	45	23	18	1(不納入)	3
	粗收益(千元/分地)	673.3	824.7	490.9	731.5	587.1
	成本(千元/分地)	271.7	235.7	327.5	155.0	251.7
	投報率(%)	147.82	249.94	49.90	371.94	133.22
菇類	樣本數(戶)	19	0	10	9	0
	粗收益(千元/分地)	5,545.1	-	9,453.2	1,202.7	-
	成本(千元/分地)	5,960.1	-	1,091.5	11,369.7	-
	投報率(%)	-6.96	-	766.06	-89.42	-
番茄	樣本數(戶)	98	21	55	21	1(不納入)
	粗收益(千元/分地)	759.1	995.5	568.1	1,011.3	1,000.0
	成本(千元/分地)	511.6	825.6	377.6	565.6	151.3
	投報率(%)	48.37	20.58	50.45	78.80	560.97

資料來源：萬鍾汶等人(2017)。

表 6 設施蔬菜經濟效益試算─態樣別

作物	項目	全部樣本	態樣別			
			水平棚架網室	簡易塑膠布網室	簡固型溫室	鋼骨結構型溫室
甜椒	樣本數(戶)	36	11	17	6	2
	粗收益(千元/分地)	2,517.2	1,060.4	2,683.8	4,250.0	3,916.0
	成本(千元/分地)	2,342.4	1,236.9	2,335.0	4,191.8	2,937.5
	投報率(%)	7.46	-14.27	14.94	1.39	33.31
苦瓜	樣本數(戶)	29	10	17	2	0
	粗收益(千元/分地)	3,133.7	3,649.1	2,600.7	5,087.5	-
	成本(千元/分地)	2,016.4	2,084.3	2,055.2	1,347.1	-
	投報率(%)	55.41	75.08	26.54	277.67	-
小葉菜	樣本數(戶)	45	8	27	10	0
	粗收益(千元/分地)	6,732.5	3,040.5	8,473.9	4,984.6	-
	成本(千元/分地)	2,716.7	2,479.3	2,411.6	3,730.3	-
	投報率(%)	147.82	22.64	251.38	33.6	-
菇類	樣本數(戶)	19	0	0	8	11
	粗收益(千元/分地)	55,450.6	-	-	15,826.0	84,268.6
	成本(千元/分地)	59,601.3	-	-	7,291.3	97,645.0
	投報率(%)	-6.96	-	-	117.05	-13.70
番茄	樣本數(戶)	98	2	39	34	23
	粗收益(千元/分地)	7,590.6	2,167.0	8,703.0	6,993.7	7,058.3
	成本(千元/分地)	5,115.8	3,389.0	3,691.5	4,747.9	8,225.1
	投報率(%)	48.37	-36.06	135.76	47.30	-14.19

資料來源：萬鍾汶等人(2017)。

水果品項作物包括木瓜、葡萄及草莓三項，表 7 中以草莓的粗收益為最高，每分地 59.35 萬元，其次是葡萄的 33.49 萬元/分地；三項水果的投報率均為正值，其中又以草莓的 80.38%為最高，葡萄及木瓜分別為 69.82%與 60.63%。就各別作物在地區上的表現而言(參見表 7)，木瓜在南部地區每分地粗收益 21.46 萬元略高於中部地區，但在投報率方面，則是中部地區的 81.10%高於南部地區的 56.06%。至於葡萄因產地集中於中部地區，故無法比較各地區的經濟效益。草莓以北部地區的粗收益為最高(68.12 萬元/分地)，且其投報率 143.30%亦高於其他各地區。

針對設施水果態樣別上進行經濟效益之分析，結果如表 8 所示。木瓜以水平棚架的粗收益為最高(22.56 萬元/分地)，投報率則是簡固型溫室為較高(82.61%)，至於水平棚架之投報率亦有 70.87%之譜。葡萄則是以簡固型溫室的粗收益為最高(70.7 萬元

/分地)，且投報率亦相對較高(341.02%)。草莓較佳栽培設施等級則是水平棚架，其粗收益及投報率均高於其他設施等級。

表 7 設施水果經濟效益試算─地區別

作物	項目	全部樣本	地區別			
			北部	中部	南部	東部
木瓜	樣本數(戶)	32	0	7	25	0
	粗收益(千元/分地)	2,110.9	-	1,986.7	2,145.6	-
	成本(千元/分地)	1,314.1	-	1,097.0	1,374.9	-
	投報率(%)	60.63	-	81.10	56.06	-
葡萄	樣本數(戶)	20	0	20	0	0
	粗收益(千元/分地)	3,349.5	-	3,349.5	-	-
	成本(千元/分地)	1,972.4	-	1,972.4	-	-
	投報率(%)	69.82	-	69.82	-	-
草莓	樣本數(戶)	16	9	4	2	1(不納入)
	粗收益(千元/分地)	5,935.2	6,812.3	5,289.1	4,448.1	3,600.0
	成本(千元/分地)	3,290.3	2,800.0	4,297.2	3,613.0	3,030.0
	投報率(%)	80.38	143.30	23.08	23.11	18.81

資料來源：萬鍾汶等人(2017)。

表 8 設施水果經濟效益試算─態樣別

作物	項目	全部樣本	態樣別			
			水平棚架網室	簡易塑膠布網室	簡固型溫室	鋼骨結構型溫室
木瓜	樣本數(戶)	32	19	12	1(不納入)	0
	粗收益(千元/分地)	2,110.9	2,256.5	1,881.2	2,100.0	-
	成本(千元/分地)	1,314.1	1,320.6	1,317.6	1,150.0	-
	投報率(%)	60.63	70.87	42.78	82.61	-
葡萄	樣本數(戶)	20	0	16	4	0
	粗收益(千元/分地)	3,349.5	-	2,419.3	7,070.0	-
	成本(千元/分地)	1,972.4	-	2,038.6	1,707.6	-
	投報率(%)	69.82	-	18.68	314.02	-
草莓	樣本數(戶)	16	5	6	5	0
	粗收益(千元/分地)	5,935.2	8,217.6	4,035.1	5,933.0	-
	成本(千元/分地)	3,290.3	3,369.7	2,888.0	3,693.8	-
	投報率(%)	80.38	143.87	39.72	60.62	-

資料來源：萬鍾汶等人(2017)。

在花卉的兩項作物中，洋桔梗之粗收益及投報率均高於文心蘭(參見表 9)，就地區別而言，洋桔梗雖然在中部的粗收益略高於南部地區，但南部之投報率 85.25%則明顯高於中部地區(48.06%)。而文心蘭的粗收益及投報率上，則皆以南部地區的表現為最佳，兩者皆高於其他地區。就態樣別而言，粗收益在兩項作物當中皆以鋼骨結構型溫室為最高(詳見表 10)，其中，洋桔梗在鋼骨結構型溫室下的投報率高達 151.32%，優於其他設施等級；而文心蘭則是僅在鋼骨結構型溫室下投報率呈現正值(19.82%)。至於水平棚架網室以及簡易塑膠布網室兩種態樣下的投報率均呈現負值。

表 9 設施花卉經濟效益試算─地區別

作物	項目	全部樣本	地區別			
			北部	中部	南部	東部
洋桔梗	樣本數(戶)	46	0	38	8	0
	粗收益(千元/分地)	4,617.2	-	4,658.2	4,422.6	-
	成本(千元/分地)	3,014.2	-	3,146.1	2,387.3	-
	投報率(%)	53.18	-	48.06	85.25	-
文心蘭	樣本數(戶)	20	4	10	6	0
	粗收益(千元/分地)	3,684.4	915.0	3,353.6	6,081.9	-
	成本(千元/分地)	5,141.5	5,077.7	5,827.9	4,040.0	-
	投報率(%)	-28.34	-81.98	-42.46	50.54	-

資料來源：萬鍾汶等人(2014、2015、2017)。

表 10 設施花卉經濟效益試算─態樣別

作物	項目	全部樣本	態樣別			
			水平棚架網室	簡易塑膠布網室	簡固型溫室	鋼骨結構型溫室
洋桔梗	樣本數(戶)	46	0	35	7	4
	粗收益(千元/分地)	4,617.2	-	4,282.0	5,100.9	6,703.4
	成本(千元/分地)	3,014.2	-	2,831.1	4,127.7	2,667.3
	投報率(%)	53.18	-	51.25	23.58	151.32
文心蘭	樣本數(戶)	20	13	6	0	1(不納入)
	粗收益(千元/分地)	3,684.4	3,683.5	2,605.8	-	10,166.5
	成本(千元/分地)	5,141.5	4,850.8	5,214.1	-	8,484.8
	投報率(%)	-28.34	-24.06	-50.02	-	19.82

資料來源：萬鍾汶等人(2014、2015、2017)。

五、結論

綜合前述，當前我國設施農業在地區別分布，集中於中部地區、南部地區次之，整體使用設施之作物仍以蔬菜類為主。依態樣別而言，蔬菜、水果、花卉皆大多使用簡易塑膠布網室，而各作物在各地區使用之態樣別仍會有所差異。

本文依據萬鍾汶等人(2014、2015)調查之設施農業初級資料來推估當前國內主要設施蔬果的粗收益及成本，進而可估計出個別設施農作物之平均投資報酬率。經濟效益推估結果顯示，蔬菜類中以小葉菜投報率 147.82%為最高、苦瓜 55.41%次之，粗收益則以番茄(75.91 萬元/分地)為最高、小葉菜次之(67.33 萬元/分地)。水果類中以草莓投報率 80.38%為最高，粗收益亦以草莓 59.35 萬元/分地為最高，調查中的三項水果(草莓、葡萄、木瓜)投報率均為正值。花卉中洋桔梗與文心蘭，以洋桔梗粗收益(46.17 萬元/分地)及投報率(53.18%)相對高於文心蘭。前述設施農產品經濟效益分析結果可供農政單位及農友投資設施型農業之參考，然需視各地區不同條件選擇適合之作物與設施態樣。

六、參考文獻

1. 尤進欽。2014。設施農業市場之策略佈局、商業模式建構與農民設施栽培加值。行政院農業委員會。
2. 尤進欽。2015。設施農業市場之策略佈局、商業模式建構與農民設施栽培加值。行政院農業委員會。
3. 徐瑞玲、楊明憲、黃裕益。2013。農業設施－溫室產業化之策略規劃之研究。臺灣農村經濟學會。
4. 萬鍾汶、楊育誠、黃文星、黃麗君、劉秀妮。2012。臺灣蔬菜多元通路占有率之分析。農產運銷半年刊 145:1-12。
5. 萬鍾汶、吳柏青、楊上禾、陳海菁。2014。發展設施農業產業之市場研究及經濟效益分析研究。行政院農業委員會。
6. 萬鍾汶、萬一怒、盧永祥、黃文星、陳海菁。2015。發展設施農業產業之市場及經濟效益分析研究。行政院農業委員會。
7. 楊上禾、萬鍾汶、萬一怒、盧永祥、陳海菁。2016。發展設施農業產業之市場及經濟效益分析研究。行政院農業委員會。
8. 萬鍾汶、黃文星、楊江益、高佳筠。2017。發展設施農業產業之經濟效益及策略研究。行政院農業委員會。

越南與泰國設施農業市場與商機分析

郭大維、許又仁
工業技術研究院產業經濟與趨勢研究中心

一、摘要

本研究透過實地參訪進行泰國與越南農業設施之使用現況、遭遇的困擾、主要栽種作物、銷售通路、作物價格等進行分析，以提供台灣農業設施廠商行銷當地之依據。

關鍵字：泰國設施農業、越南設施農業、市場分析

二、前言

此市場調研以近幾年消費力及經濟發展都高的泰國及越南為分析國家，實際拜訪當地溫室使用者，並了解當地之蔬果通路，解析台灣溫室及作物等相關產業可進軍之機會。

三、越南設施農業發展現況

經由次級資料分析，越南超過九成之中高階溫室使用於林同省大勒，其次為胡志明市，而根據實地調查結果，以大勒地區來說，第 8、11、12 皆為高密集溫室使用區域，其鄰近區域亦有大規模溫室使用，大多數越南農民使用簡易溫室，即溫室頂部使用塑膠模，側邊為防蟲網或塑膠模，擋雨為主要目的，由於越南農民普遍貧窮，因此，統計數據顯示之玻璃溫室或中高階塑膠溫室，主要為兩個來源，一是外資投資種植高經濟價值作物，二為越南官方學術單位或官方與外資合作之研究與試驗單位，由於南越較北越富裕，地方政府有較多的資金運用投入研發，因此學術與官方研究單位亦多位於胡志明市。

大勒之農業設施結構，在溫室結構上逐漸朝向全面使用鋼材；介質上仍然以一般土耕為大宗;灌系統方面，亦逐漸朝向人工控制灑水系統以取代傳統人工澆水的趨勢，且由於國際農設廠 Netafim 引進澆灌系統，在地農民願意嘗試使用新科技，但農民表示目前使用狀況仍不好，亦有因農藥攪拌不完全，造成噴頭阻塞，損毀整套系統，可見農民知識缺乏，目前政府除了有農業計劃持續輔導農民，國際農業非營利組織與國外政府(如丹麥)都有支助與輔導當地農民之計劃，使其種出安全無農藥過量之蔬果，同時也教導經營與下游銷售通路之行銷經營知識。

在地農民實際決策使用農業設施的考慮因素，先無論農民對於作物與設施應用之

知識充足與否，由於越南農民較為貧窮，即便在農業設施的選擇上有多元的選擇，但仍然選擇越南本土居多，雖然品質沒有國外的品牌好，但是價格成本較低仍是優先考量本次越南蔬果零售價格調查鎖定中高階通路，目標蔬果選擇蕃茄、草莓與洋香瓜。蔬菜為越南主食之一，但蔬菜價格普遍非常低廉，多見於傳統市場與中低階通路(如超級市場)，僅少數蔬菜，如萵苣、高冷生菜見於中高階通路。

圖 1 越南農業設施使用狀況

如同多數東南亞國家，蕃茄為市場上常見之蔬果，選擇多且普遍性高，食用方便、健康、便宜為藩茄廣為民眾喜愛的理由，加上越南曾受法國統治，生菜沙拉為越南人生活中重要飲食習慣，蕃茄是不可或缺的食材之一。蕃茄普遍單價低，價格大致隨通路等級越高，單價也越高，產品來源少有從國外進口，南越通路中，番茄幾乎產自林同省大勒，北越通路中亦普遍產自大勒，部份產地來自於北越蕃茄種植區-木州省，但單價更低。

草莓為高經濟價值作物，一般草莓每公斤售價約 200~300 元台幣，若為進口或是使用進口種子，每公斤售價高達 700~1,000 元台幣，以當地民眾收入水準而言，在越南屬超高單價水果，消費者族群為高階收入與外國人為主，調查發現，無論越南南部或北部零售通路，產品皆來自林同省大勒，由於大勒氣候較冷，日夜溫差大，最適合種植草莓。

洋香瓜(哈密瓜)亦是市場上常見之水果，單價不高，產地多來自南部省份，行銷手法上，由於消費者對於日本有較高的品牌意識，部份市場上之洋香瓜之商標為日文標註，易強調使用日本種子，但實際上為台商於越南種植。

越南南北狹長，加上保鮮冷藏、運輸設備、基礎建設尚未完善，非必要不會捨近求遠，從中南部供應北越蔬果，但從零售通路調查可以驗證，無論蕃茄與草莓，大勒對於越南蔬果供應之重要性與不可取代性。

價格與通路的類型有著直接的關係，一般而言(進口蔬果除外)，中高階通路約為一般通路2~3倍價格，而水果又比蔬菜更顯著，中高階通路蔬果多貼上自家品牌商標，消費者多半相信通路品牌之蔬果有一定的品質。

通路名稱(城市)	通路等級	產品名稱	照片	強調特徵	大小	包裝數量	單位	產地	售價NTD
BigC 胡志明	中等	草莓		無	中	無	Kg	越南大叻	232
Aeon Mall 胡志明	高級	草莓		無	中	無	盒(500克)	越南大叻	109
Aeon Mall 胡志明	高級	草莓		無	中	無	盒(250克)	越南([illegible])	194
Aeon Mall 胡志明	高級	草莓		無	中	無	盒(454克)	美國進口	355
Vietgreen Food 胡志明	中高級	草莓		無	大	15-20	盒(250克)	越南大叻(日本種子)	279
Vietgreen Food 胡志明	中高級	草莓		無	中	無	Kg	比利時	543
An nam Gourmet Market 胡志明	高級	草莓		無	大	20	Kg	越南大叻	248
An nam Gourmet Market 胡志明	高級	草莓		Viet Gap	中	無	Kg	越南大叻	527
Metro 河內	中等	草莓		無	小	無	Kg	越南大叻	279
Fresh Fruits Shop 河內	中等	草莓		有機	小	無	Kg	越南大叻	310

通路名稱(城市)	通路等級	產品名稱	照片	強調特徵	大小	包裝數量	單位	產地	售價NTD
Vietgreen Food	中高級	番茄		無	Big	5	包	越南大叻	86 (0.92kg)
Vietgreen Food	中高級	番茄		無	小	無	Kg	越南大叻	116
Vietgreen Food	中高級	番茄		無	小	無	Kg	越南大叻	109
An nam Gourmet Market	高級	一般番茄		無	大	6	Kg	越南大叻	39
An nam Gourmet Market	高級	番茄		有機	大	無	Kg	越南	93
An nam Gourmet Market	高級	櫻桃番茄		Viet Gap	小	無	Kg	越南大叻	90
An nam Gourmet Market	高級	櫻桃番茄		無	小	無	Kg	越南	64
An nam Gourmet Market	高級	櫻桃番茄		有機	小	無	Kg	越南	93
An nam Gourmet Market	高級	黃櫻桃番茄		Viet Gap	小	無	Kg	越南大叻	109
An nam Gourmet Market	高級	牛番茄		無	大	6	Kg	越南大叻	78

通路名稱(城市)	通路等級	產品名稱	照片	強調特徵	大小	包裝數量	單位	產地	售價NTD
BigC 胡志明	中等	網紋哈密瓜(洋香瓜)		無	中	1	kg	越南	71
BigC 胡志明	中等	網紋哈密瓜(洋香瓜)		無	大	1	Kg	越南	80
Aeon Mall 胡志明	高級	網紋哈密瓜(洋香瓜)		無	中	1	Kg	越南	73
Aeon Mall 胡志明	高級	網紋哈密瓜(洋香瓜)		無	中	1	Kg	越南	53
Aeon Mall 胡志明	高級	網紋哈密瓜(洋香瓜)		無	中	1	Kg	越南	60
Aeon Mall 胡志明	高級	網紋哈密瓜(洋香瓜)		無	中	1	Kg	越南(荷蘭種子)	80

Name of shop (retailing shop)	Level of shop	Name of product	Picture	feature	Size	number of packages	charge unit	Production place	Price 台幣
Aeon Mall HCM	Premium	Carol Lettuce		Viet Gap	Medium	1	Kg	Da Lat - Vietnam	39
Vietgreen Food HCM	Middle to Premium	Carol Lettuce		None	Medium	1	Kg	Vietnam	93
An nam Gourmet Market HCM	Premium	Carol Lettuce		Viet Gap healthy	Medium	1	Kg	Vietnam	85
Metro HN	Middle	Carol Lettuce		None	Medium	1	kg	Da Lat - Vietnam	38

圖 2 越南主要蔬果零售價位

三、泰國設施農業發展現況

泰國溫室主要分為北中兩區，北部以清邁、清萊為主，中部以曼谷近郊為主。使用溫室中又以皇家基金會和學校產學合作之示範型溫室為主。皇家基金會主要工作站集中在清邁附近，而學校之示範型溫室北中部均有，中部以曼谷近郊之農業大學為主，北部則以湄州大學最具代表性，故本研究以兩類具代表性溫室觀察泰國溫室需求。

泰北皇家基金會計畫自 1969 年始，源自於泰國政府協助邊境少數民族種植高經濟作物而起，主要種植蔬菜為萵苣;水果則為草莓、落葉果樹和百香果，供給國內外市場，而其規畫為高質蔬果菜種植基地，目前以皇家基金會通路為主；中部泰國以簡易溫室為主，主要是蔬菜葉菜類種植，具有產學研合作示範點，不過目前族花卉外，作物供給低階通路為主。

以泰國北部與中部地區溫室狀況進行進一步規整分析，主要可包含溫室結構、披覆材、溫室內介質、用藥及採收管理等部分。

北部以清邁皇家計畫(高地盆地)為主，溫室種植重點作物為蔬菜(番茄、彩椒)、水果(葡萄、百香果、火龍果、草莓)及花卉(玫瑰、菊花)等。主要設施在防雨，再者為防蟲；其他則有使用光源於幼苗生長(6 米寬 x24 米長，厚度 0.15mm 的溫室約 7 萬 5 千元左右，高度不定)，目前除泰國當地溫室結構外，亦有荷蘭進口溫室，使用披覆材厚度 0.2mm，寬 9 公尺 x 長 11 公尺，造價約 130 萬。

建築結構方面，結構以鐵管為主，其次為木頭。上方開口多樣化，對通風的優劣

仍在試驗中，目前使用溫室困擾多在於天氣熱及通風不足等；批覆材方面，上部用塑膠膜側邊網(32 目)，以阻擋落雨為主，目前使用困擾為容易髒污而阻檔光線，影響作物生長；介質方面，依作物不同使用袋植與土耕，袋植可減少病蟲害及淹水產生爛根；其內多使用滴灌進行灑水，另有噴霧及少量人工灑水；施肥用藥則依作物不同，採人工與滴灌方式。採收及品管方面，以人工方式進行採收與品質檢驗。

中部地區曼谷近郊，曼谷週邊(平地)主要種植蔬菜(葉菜、生菜)及花卉(蘭花)，主要設施使用在具有防雨功能，其次則為防蟲；建築結構方面，使用鐵、木頭及水泥柱和鴨嘴式單邊開口的溫室，使用溫室均在於該區天氣炎熱且通風不足；批覆材上部使用塑膠膜，中間使用黑網遮光，阻擋雨水及防蟲為目的(塑膠膜使用年限約 3 年)；不同作物使用介質具差異，蘭花以老椰纖為主，生菜則以水耕為主，另外為袋植與離地種植，袋植可減少病蟲害及淹水產生爛根；灌溉施肥用藥方面，因多為國外與公司共同設立示範點，使用以色列定比器與滴灌設施進行灑水，另有噴霧及人工灑水。施肥用藥則採人工與滴灌方式；採收及品管與北部地區同，多以人工方式進行採收與品質檢驗。

圖 3 泰國農業設施使用狀況

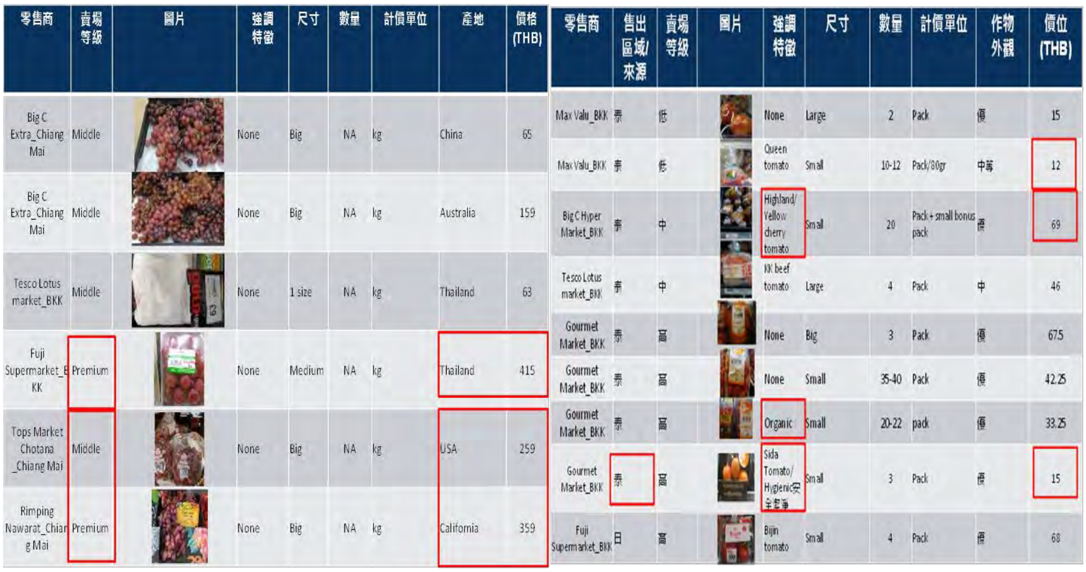
高單價消費品中之生鮮蔬果及花卉又以溫室作物相對於一般作物單價來的高，主要集中在泰國高消費城市曼谷和清邁，本土消費的進口作物單價高以外，而若以內需高單價市場為銷售標的時，強調有機、安全及溫室作物的單價相對一般作物高，且目前逐漸被市場接受。

以番茄為例，強調有機、安全或是高地產番茄相對平地而言單價為高，小番茄 20 粒一包價位約可高出 4-5 倍；強調有機無農藥者單價亦約高出 5 倍，並且以少量包裝。

生菜高級通路販售強調無農藥，相對於一般超市售價且非強調無農藥者高出約 1.5 倍；中階超市強調水耕栽培者，其售價與高階超市強調無農藥者售價相若，可見泰國消費者對於水耕栽培認知並接受水耕栽培品質。

葡萄目前於泰國主要仰賴進口，但部分超市內也有販售溫室葡萄，主要來源為泰北清邁、清來溫室，國外進口來自美國、加拿大售價相對於本土產或中國產一般售價每公斤高出 5 倍左右，但高階通路目前亦可發現泰國本土產之葡萄售價相對外國進口高出約 1.5 倍，可見高階消費者對於本土產溫室葡萄接受度相當於國外進口葡萄，該類葡萄具備市場潛力。

花卉以蘭花為主，目前於泰國高階通路與中階通路價差不多，但可以發現清邁單價相對於曼谷為高，主要原因在於泰國花卉生產基地以曼谷為主，若北運清邁零售點需考量運送倉儲費用。



零售商	賣場等級	圖片	強調特徵	尺寸	數量	計價單位	產地	價格(THB)
Big C Extra_Chiang Mai	Middle		None	Big	NA	kg	China	65
Big C Extra_Chiang Mai	Middle		None	Big	NA	kg	Australia	159
Tesco Lotus market_BKK	Middle		None	1 size	NA	kg	Thailand	63
Fuji Supermarket_BKK	Premium		None	Medium	NA	kg	Thailand	415
Tops Market Chotana _Chiang Mai	Middle		None	Big	NA	kg	USA	259
Rimping Nawarat_Chiang Mai	Premium		None	Big	NA	kg	California	359

零售商	售出區域/來源	賣場等級	圖片	強調特徵	尺寸	數量	計價單位	作物外觀	價位(THB)
Max Valu_BKK	泰	低		None	Large	2	Pack	優	15
Max Valu_BKK	泰	低		Queen tomato	Small	10-12	Pack/80gr	中等	12
Big C Hyper Market_BKK	泰	中		Highland/ Yellow cherry tomato	Small	20	Pack + small bonus pack	優	69
Tesco Lotus market_BKK	泰	中		KK beef tomato	Large	4	Pack	中	46
Gourmet Market_BKK	泰	高		None	Big	3	Pack	優	67.5
Gourmet Market_BKK	泰	高		None	Small	35-40	Pack	優	42.25
Gourmet Market_BKK	泰	高		Organic	Small	20-22	pack	優	33.25
Gourmet Market_BKK	泰	高		Sida Tomato/ Hygienic安全潔淨	Small	3	Pack	優	15
Fuji Supermarket_BKK	日	高		Bijin tomato	Small	4	Pack	優	68

圖 4 泰國主要蔬果零售價位

四、結果與討論

臺灣進入泰國與越南目前設施農業之策略，整理如下。

4.1 越南農業設施市場 SWOT 分析

4.1.1 機會(Opportunities)

A.消費者對安全與高品質蔬果需求大

越南人均消費持續成長，健康意識增加，蔬菜為越南主食之一，在陸續爆發食安問題與中國黑心食品之後，蔬果的安全性與產地來源廣為民眾在意，安全蔬菜專賣店於雨後春筍出現。

B.政府對外資態度開放

越南吸引外資投資動作積極，放寬外資持股限制，加速推動國營企業民營化，主要目標以吸引日本、韓國、新加坡與台灣企業投資。

C.越南推動高科技農業區，農業設施需求潛力大

越南於今年五月通過「2020 年高科技農業區的總體規劃」，預計將包含胡志明市與林同省在內共 10 個省(市)，發展該省(市)之重點農產品，然而目前無實際的執行政策，實則為「吸引投資者」，待各省(市)實際執行後，對溫室與高科技農業設施需求大。

D.越南台商與越南政府關係良好，資源完整

越南台商耕耘多年，與當地政府關係良好，越南政府亦視台灣為重要外資，農產品相關之台商於越南經營餐飲與食品加工;於林同省大勒經營冷凍蔬菜、蘭花與茶葉，在地經營數十年，與越南勞工與農戶合作經驗豐富。

E.農民對於設施搭配作物應用知識不足

根據實地調查結果，越南在地農民對於農業設施使用多為擋雨、遮蔭與防蟲之簡易網溫室之使用，即便對於新科技之農業設施有使用需求與意願，栽種技術仍靠自身經驗，對於高階設施搭配作物應用知識仍不足，雖然政府欲積極解決，針對農民籌辦示範點、舉辦講座與研討會等，仍成效不彰。

4.1.2 威脅(Threats)

A.當地農業設施廠商取得原料成本低：

越南原物料與人力成本低，挾地理位置優勢，與中國、柬埔寨、泰國、馬來西亞等地貿易頻繁，此外，TPP 的優勢亦讓越南經濟貿易如虎添翼，與日本、新加坡與馬來西亞貿易關稅成本低。

B.國際農業設施大廠提供設施與作物整合資訊：

以大勒地區而言，以色列設施大廠Netafim於當地設有經銷點，提供土壤分析、水資源、環境參數、作物生長參數分析等服務，售後服務良好。

C.競爭商已與當地農政單位合作推行農業計劃，補助農民並導入技術：

丹麥政府與以色列大廠 Netafim 皆有與林同省農業單位合作推動大型農業計劃，由政府補助，選擇大規模之農戶教導其導入新農業設施應用技術，如 Netafim 之澆灌系統。

D.國際農業設施大廠競爭激烈：

越南政府對外資採開放態度，台、日、韓、美、法、德、荷、印度皆有於大勒投資種植農作，農民在肥料與農業設施選擇上同樣多樣化，有日本、荷蘭、西班牙、馬來西亞、以色列、挪威與越南本土廠商可以選擇。

4.2 進入越南之策略分析：

4.2.1 進攻策略一：由於越南農民對於設施應用知識尚不足，以台灣栽種技術教導農

民種植與設施之應用技術，針對其種植環境與作物客製化農業設施，減少病蟲害，降低農藥使用，種植出高品質且安全的蔬果，同時導入台灣資材助其使用中高階農業設施。

4.2.2 進攻策略二:針對進駐高科技農業園區之農企業,以台灣農業設施客製化能力，助其進行設施整合，增加產能並種植出高品質與高附加價值之農產品。

4.2.3 轉型策略：目前在越南經營餐飲、食品、農產加工與進出口之台商，由於對於安全蔬果有大量需求，長期與在地農民契作，清楚了解越南現在農業設施需求現況，因此應連結台灣農設廠商與越南在地台商，精準鎖定需求農戶與作物，建立銷售通路。

4.2.4 創造市場策略：九成以上之中高階溫室集中於林同省大勒，透過台越雙邊農業合作，於林同省大勒建立中高階示範溫室栽種台灣品種與消費者喜愛的品種，如番茄、洋香瓜與草莓，生產高單位產量的安全蔬果，行銷台灣農業設施。

4.3 泰國農業設施市場 SWOT 分析

4.3.1 機會(Opportunities)

A.人均消費快速成長，高品質與安全蔬果更受重視

泰國消費與台灣相近，主要都市曼谷與清邁更是高消費集中地，人民健康意識增加。高品質蔬果近幾年倍受重視。

B.日本市場對於泰國花卉需求持續提升

泰國花卉出口量大，由其是日本為主要輸出市場。而日本市場對泰國花卉進口近幾年也持續成長，隨著日本市場對花卉的品質要求更嚴格，泰國生產高品質花卉的需求也會持續上升。

C.泰國皇家計畫與台灣關係良好

台灣國際合作發展基金會與泰國皇家計畫已合作多年，了解當地農業及種植資訊，已建立良好的合作關係。

4.3.2 威脅(Threats)

A.當地農業設施廠商取得原料成本低

泰國當地農業設施廠商取得原物料與人力成本相較台灣廠商低，且熟悉取得原料的人脈網絡。

B.競爭商已提供示範農業設施建於當地建置，並已獲得具體產量改善成效

荷蘭、以色列及日本等已至泰國農業大學建立示範農業設施，且與當地企業結合，連續後續通路行銷，已建立整體供應鏈之示範案例。

4.4 進入泰國之策略分析：

4.4.1 進攻策略一：運用台灣技術與資材，以農業設施客製化與整合能力搶攻泰國高品質蔬果市場，並建立種植安全知識。

4.4.2 進攻策略二：運用台灣技術與資材，以農業設施客製化與整合能力搶攻泰國中

高階花卉溫室市場。

4.4.3 進攻策略三：連結泰國皇家計畫，提供設施栽種知識，引進適合泰國當地之設施。

4.4.4 創造市場策略一：運用台灣技術與資材於泰國北部與中部學校單位建立中高階示範溫室栽種台灣品種蔬果，生產高單位產量的安全蔬果，行銷台灣農業設施

4.4.5 創造市場策略二：以台灣作物結合泰國學校內示範溫室合當做為收集當地作物與設施整合資訊的試驗基地，以生產適地使用的農業設施

五、結論

本分析初步透過泰國與越南農業設施運用之產業資訊收集，並實際出至泰國與越南考察，觀察產區與農業設施種類及建置成本，並收集市場上農產品價格，以評估整廠輸出經營可獲利模式。

泰國主要溫室功能是防驟雨對作物的損害，而溫室散熱、雨季高溫高溼造成作物易產生病蟲害等是泰國主要問題。而越南是以最大的花卉與蔬菜種植區域大勒為農業設施參訪標的區域，越南主要溫室功能也是驟雨所造成的作物傷害，另冬季冰雹或突發的強風也常造成溫室設施損壞。

我國農業設施潛力項目可結合泰國及越南主要栽培作物。包含番茄、甜椒、葡萄、花卉為提供泰國市場需求之主力溫室作物，而花卉為越南主力溫室作物。

馬來西亞與印尼設施農業市場與商機分析

郭大維
工業技術研究院產業經濟與趨勢研究中心

一、摘要

本研究透過實地參訪進行馬來西亞與印尼農業設施之使用現況、遭遇的困擾、主要栽種作物、銷售通路、作物價格等進行分析，以提供台灣農業設施廠商行銷當地之依據。

關鍵字：馬來西亞設施農業、印尼設施農業、市場分析

二、前言

此市場調研以近幾年消費力及經濟潛力高的馬來西亞及印尼為分析國家，實際拜訪當地溫室使用者，並了解當地之蔬果通路，解析台灣溫室及作物等相關產業可進軍之機會。

三、馬來西亞設施農業發展現況

馬來西亞主要兩大種植基地座落在西馬金馬崙和柔佛州，西馬北方金馬崙為高原地形；南方柔佛州則為低地，明顯地區分兩類種植作物。

北部金馬崙高地作物生菜、番茄及黃瓜為主，主要設施供能在防雨、保溫，再者為防蟲；其他則有使用光源增加花卉日照時間及目前已開始有業者使用 led 燈試驗增加果類甜度，建築結構以鋼材為主，上方多弧形及頂端開口落差型(主高度 8 米 3；開口 2 米 3)作為通風功能，不過雨季仍免不了影響產量；批覆材方面，以上覆塑膠膜側邊網布型，上部阻擋雨為主，防霧水效果次之；介質許多已改為離地袋植及水耕，種植作物為生菜和茄類及瓜類，主要解決雨季根部易爛問題；灌溉施肥用藥以人工控制為主，目前已有滴灌進行養液輸入，灌溉有回收雨水和噴霧式；耕耘及採收亦以人工為主，多採離地種植，採收為人工收成。

南部柔佛州低地以葉菜類作物為主，主要設施使用在具有防雨功能，其次則為防蟲。建築結構以木材為主，上方多為平頂和弧形，若弧形以竹支彎曲(主高度 14 尺；次高 10 尺)，過去使用鐵架遇雨易破，故目前仍以木頭結構為主，批覆材以網布為主，另也有上覆塑膠膜側邊網布型，上部阻擋雨為主，側面以防蟲為主，而目前有青苔覆蓋南以清除的困擾；介質主要為土耕，亦有離地袋植，種植作物為蔬菜瓜類和豆類，

有雨季根部易爛問題產生；灌溉施肥用藥仍以人工為主，灌溉有蓄水槽並連結直立噴灑灌溉噴頭，滴灌較少；堆肥多；農藥為人工噴灑，此部分困擾在於人工不易取得；耕耘及採收方面，以人工為主，目前已有耕耘機代勞，採收仍無法避免以人工收成（3人/公頃）。

圖 1 馬來西亞農業設施使用狀況

以當地使用農業設施最多之作物番茄來觀察通路內需市場零售趨勢，可以發現幾大重點，其一為有機蔬果在當地已具有消費族群，單價偏高，每公斤售價相較於一般溫室番茄之兩倍左右，另外，普通非溫室番茄中價超市又再便宜兩倍左右，顯見當地消費族群已具備健康消費及中高價蔬果消費意識。

值得注意的是，有機食品目前已有獨立門店販賣，不論在獨立門店或現代化零售門店販售，價位都在中高以上，而西馬番茄不論南北區域通路，主要來源皆以金馬崙為主。作物消費偏好方面，小番茄在市場上逐漸被接受，目前單價偏高，甜度現也在包裝上逐漸凸顯，另有機食品在認證上強調馬來西亞本土認證 SOM，若售到新加坡則多半經過澳洲 NASAA 認證。

零售商	售出區域/來源	賣場等級	圖片	強調特徵	尺寸	數量	計價單位	外觀	價位(NT)
誠興獨立門店	南/誠興農場	中高		有機	大	2	180NT/KG	優	69元
		中高		有機	小	200g一盒	210NT/KG	優	42元
日商AEON	北/金馬崙	中高		無	大	1	40NT/KG	優	10元
		中高		有機	中	7	每盒	中	60元
		中高		有機	小	盒	每盒	中	40元
		中高		產地直送	大	4	盒(500克)	優	47元
		中高		產地直送	中	7	包(500克)	中	47元
新加坡商錦和超市	北/金馬崙	中高		無	小	一包(264g)	85NT/KG	中	22元
GIANT	北/金馬崙	中		無	中大	1	30NT/KG	中	8元

零售商	售出區域/來源	賣場等級	圖片	強調特徵	尺寸	數量	計價單位	外觀	價位(NT)
伊勢丹	北/金馬崙	高		高級	大	4(400g一盒)	163NT/KG	優	65元
		高		馬國土產	中	4顆一盒	每盒	優	53元
		高		櫻桃番茄(甜度高)	小	1盒275克	200NT/KG	優	55元
GIANT	北/金馬崙	中		無	中	8(600g一盒)	包(600g)	優	50元
		中		馬國土產	小	盒(250g)	每盒	優	40元
		中		馬國土產	大	1	29NT/KG	中	7元

圖 2 馬來西亞主要蔬果零售價位

三、印尼設施農業發展現況

印尼主要蔬菜產地是棉蘭與雅加達附近，棉蘭蔬菜植以露天式為主，而雅加達週邊的蔬菜種植區為倫邦與茂霧。倫邦位於西爪哇省萬隆市北部。該地區為圍繞火山與高山，是旅遊與渡假區。倫邦也是農業區，為蔬菜與花卉主要產地之一。

倫邦全年平均高溫是 22 度，平均低溫是 14 度，以 8 月最冷。而茂霧全年平均在 24 度，平均高溫 26 度。二個地區都是位於火山附近的高原，土質養份高，溫度偏低，適合種植高價蔬果與花卉。

印尼的農業設施相關資材大部份都是在資材店購買，再請別人施工完成。印尼的溫室結構以竹子為主，約可使用 5 年，5 年後全拆。通常會於上方多處開口通風，二旁使用塑膠膜，但整體溫室並非密閉，防蟲網使用的不多。由此可看出，印尼的溫室防蟲性不佳，農藥的使用非常多。

印尼鋞管結構仍少，使用鋞管的溫室高度約 5 呎，上方呈拱型通風，兩側使用塑膠膜，上面仍有很大的開口，並無使用防蟲網封閉。

一般塑膠膜最多使用 3~5 年，主要問題是塑膠膜更換耗工耗時，都使用全部更換方式，無法進行小部份維修。

栽種大部份使用袋裝有機土或碳化稻殼，且採離地栽培方式，主要功能是防水。如使用使用一般泥土栽培方式，大部份會再覆蓋農膜。

灌溉還是以人工澆溉的多，另外則是使用插入式滴灌，僅位於倫邦的農業培訓中心 BBPP 使用噴霧式灌溉用於木薯。另種植生菜部份已有使用養液，成份是廠商自己調整。

目前溫室的普遍問題是夏天溫度高、下雨天則溼度高，代表溫溼度的調整功能仍不佳。另外，當地缺電情況嚴重，故許多溫室內缺乏環境控制等設備，多以物理性通風溫室為主

圖 3 印尼農業設施使用狀況

印尼使用農業設施栽種最多的植物是彩椒與番茄，而又以番茄的價位相對較高，且品種多樣化。如下圖所示，等級定位較高的賣場不管是番茄種類或包裝的選擇性都很多，且價錢高。而番茄主打有機的番茄價位並不是最高，而主打高山種植的番茄反而較高，主因在於印尼政府並無積極推動有機食品，有機制度並不健全，消費者也不相信農作物是真的有機。

印尼番茄以中大果佔比最多，而小顆品種以串收番茄的價位最高，最貴的每盒一串 16 顆就要 316 元台幣。另一方面可特別注的是高價位番茄都是使用塑膠盒裝，以強調產品的精緻性。

編號	賣場等級	圖片	強調特徵	尺寸	數量	計價單位	外觀	價位
A	中高		有機	中	5	包	優	49元
A	中高		有機	中	5	包	優	68
A	中高		無	中	7	包	優	75元
A	中高		無	大 (牛番茄)	1	每100克	中	8元
A	中高			小	1	每100克	差	2元
B	高		高山	中	4	包(500克)	優	105元
B	高		高山溫室	大	1	0.526克	優	65元
B	高			小	12	盒(200克)	優	214元
B	高			小	12	盒(250克)	優	211元

編號	賣場等級	圖片	強調特徵	尺寸	數量(概約)	計價單位	外觀	價位
B	高		串收	小	16	盒(250克)	優	316元
B	高		串收	小	16	盒(300克)	優	150元
B	高		串收	小	16	盒(250克)	優	203元
B	高			小	18	盒(300克)	優	68元
B	高			小	16	盒(200克)	優	54元
B	高			小	15	盒(250克)	優	79元
C (家樂福)	中			中大	9	包		73元
C	中			中大	9	包		79元
C	中			中大		每100克		3元

編號	賣場等級	圖片	強調特徵	尺寸	數量(概約)	計價單位	外觀	價位
D	高			大	5	包(1公斤)	優	116元
D	高			大	5	包	優	83元
D	高			大		1公斤	優	60元
D	高		串收	小	12		優	158元
D	高			小		盒(250克)	優	150元
D	高			大	5	盒(250克)		87元

圖 4 印尼番茄零售價位

四、結果與討論

臺灣進入馬來西亞與印尼目前設施農業之策略，整理如下。

4.1 馬來西亞農業設施市場 SWOT 分析

臺灣目前所具競爭優勢為台商具良好的客製化與設施整合能力與協助農民善用設施栽種的能力；相對劣勢方面，台灣廠商在成本掌控能力、成本效益評估能力、設施技術開發能力、設施與栽種作物的綜效及良好的行銷與通路佈局能力相對處於劣勢；當地市場機會目前以人均消費快速成長、高品質蔬果更受重視、安全的食品更受重視與新加坡市場對於馬來西亞蔬果需求持續提升(每年成長幅度約 13%)最值得臺灣廠商投資注意；另一方面，由於當地農業設施廠商取得原料成本低、國際農業設施大廠提供設施與作物整合資訊和競爭商(例如荷商 Perlite)已提供示範農業設施建於當地建置，並已獲得具體產量改善成效對於臺廠投入最具威脅性。評估臺灣廠商優劣勢及當地市場機會和威脅後可以發現，目前可以區分為三大進入市場策略：

4.1.1 進攻策略：

結合優勢與當地市場機會，運用台灣技術與資材，以農業設施客製化與整合能力搶攻馬來西亞中高階溫室市場。

4.1.2 創造市場策略：

了解進入當地市場可能威脅與標竿廠商進入策略後，可利用本身優勢進行市場創造，例如運用台灣技術與資材於金馬崙建立中高階示範溫室栽種台灣品種蔬

果，生產高單位產量的安全蔬果，行銷台灣農業設施，此外，亦可以台灣作物結合金馬崙示範溫室做為收集當地作物與設施整合資訊的試驗基地，以生產適合當地使用的農業設施。

4.1.3 轉型策略：

當地雖有許多市場機會，但臺灣廠商在當地亦具有相對劣勢，例如成本難掌握和當地植栽結合溫室技術綜效評估缺乏等，因此應組織農業設施推動平台，促使產學研合作收集作物栽種環境參數，連結臺灣工業控制優勢開發農業設施控制系統。

4.2 進入印尼之 SWOT 分析：

臺灣目前的競爭優勢是廠商具良好的客製化與設施整合能力、協助農民善用設施栽種的能力。相對劣勢方面，台灣廠商在成本掌控能力、成本效益評估能力、設施技術開發能力、設施與栽種作物的綜效及良好的行銷與通路佈局能力相對處於劣勢。而印尼市場機會目前人均消費快速成長、高品質蔬果更受重視、安全的食品更受重視。另一方面，由於當地農業設施廠商取得原料成本低、國際農業設施大廠提供設施與作物整合資訊、作物與設施的整體效益分析等功能。

4.2.1 進攻策略：

結合優勢與當地市場機會，運用台灣技術與資材，以農業設施客製化與整合能力搶攻印尼中高階溫室市場。

4.2.2 創造市場策略：

了解進入當地市場可能威脅與標竿廠商進入策略後，台廠可利用本身優勢進行市場創造，例如運用台灣技術與資材於 BBPP 建立中高階示範溫室栽種台灣品種蔬果，生產高單位產量的安全蔬果，行銷臺灣農業設施，此外，亦可以台灣建立的示範溫室做為收集當地作物與設施整合資訊的試驗基地，以生產適合當地使用的農業設施。

4.2.3 轉型策略：

當地雖有許多市場機會，但臺廠在當地亦具有相對劣勢，例如成本難掌握和當地植栽結合溫室技術綜效評估缺乏等，因此應組織農業設施推動平台，促使產學研合作收集作物栽種環境參數，連結台灣工業控制優勢開發農業設施控制系統。

五、結論

5.1 馬來西亞：

馬來西亞的農業設施主要功能是防雨，太熱、通風不足及高溼，也是目前使用農業設施的主要問題。馬來西亞農民與廠商基本建構知識充足，大多參考現有溫室來建構，自行設計農業設施結構後，採購料件組裝。進入馬來西亞設施市場之要點如下所示：

5.1.1 建構結合種植經驗與適當作物的整廠輸出模式以開拓市場

臺灣單項設施零組件的價格難與泰國、中國及當地廠商競爭，整合設施與適當作物及搭配病蟲害管理、無毒栽培管理、介質、肥料、農藥，堆肥技術與堆肥廠設計等農作專業的整廠輸出模式具有商機，由於馬來多大面積栽植，還需搭配

大面積溫室的栽培管理規劃。

5.1.2 共同開拓具潛力的柔佛州與吉隆坡周邊地區市場：

金馬倫可利用面積較少，目前已大多建構溫室，且氣候穩定，溫室未來改變幅度不大。未來可針對柔佛與吉隆坡週邊的佈局進行溫室設計，柔佛洲與吉隆坡週邊溫度較高，具備良好通風的溫室設施並結合火龍果、秀針菇、草莓洋香瓜等當地中高價位之蔬果作物具發展潛力，有機會提供當地農民建構有助作物生長之設施，並以吉隆坡及新加坡為農產品行銷目標市場。

5.1.3 結合臺灣銀行業提供融資協助以解決當地資金不足問題

設施業者進入馬來西亞，不管進口料件或在當地設廠，最重要是資金的支援。為協助設施農業廠商在國外發展，可協調或籌組臺灣銀行業者共同進入，提供貸款援助。

5.1.4 結合馬來西亞華人及來臺留學生在當地進行種植與推廣

臺馬農業交流密切，華人子弟來臺求學比例高，可結合進行馬來西亞的種植與推廣，協助臺灣廠商更快進入市場。

5.1.5 轉型與擴大

馬來西亞魚業養殖發達，除植物栽培外，魚、蝦養殖設施都可大力推廣。除了植物相關設施，臺灣可整合養殖魚業設施一起進入，擴大馬來西亞農民對台灣的設施印象。

5.2 印尼：

印尼經濟與消費目前緩慢持續成長，而農產品價格兩極化。有機農作物的價格就比一般作物價格高出許多倍，但在消費市場仍有一定的需求。也建議農業設施業者如要將產品行銷到印尼，首要親自至印尼輔導農民，與當地農民交流，讓農民能掌握正確地使用產品的方法。若農業設施能達到增加產量及防治病蟲害的效果，農民收入提高後才會有意願繼續使用，進一步採購。農業設施單一設備進入印尼市場可能面臨許多困難，必須搭配農場或是農業設施整套的方式一起輸出才會有機會。

針對印尼農業設施市場，提出以下二個臺灣業者可進入之策略模式。

5.2.1 模式 1-建立示範溫室(硬體+作物)

於台灣建立整廠輸出之硬體設施，並結合目前印尼農產品價位與種類多樣化的番茄，以硬體結合作物的模式輸出至印尼。為加強印尼農民更了解台灣設施之使用方式與效益，透過與農民技術合作密切及兼具教育功能的 BOGOR 農業大學與 BBPP BATU 二個單位，於二處建立台灣農業設施示範溫室，教育農民溫室種植之溫室。台灣業者須密切與二個單位合作，定期教導當地農民使用溫室及種植的知識，加強與農民或農企業的連結。

5.2.2 模式 2-結合當地農企業，建立行銷通路

於台灣建立整廠輸出之硬體設施，並結合目前印尼農產品價位與種類多樣化的番茄或當地銷售較佳的中高價農產品，以硬體結合作物的模式輸出至印尼。與印尼契作農民或農企業合作，以安全無毒的農產品為生產標的，建立溫室與作物結合之栽種模式。通路方面，透過 INDUK KUD 中高階通路，行銷以生產之農產品。

馬來西亞設施農業現況分析

莊凱恩*、盧永祥**、徐瑞玲***(通訊作者)、艾群**、陳文聖**
* 行政院農業委員會農業試驗所
** 國立嘉義大學
***逢甲大學

一、摘要

本研究為促進我國農業設施產業外銷，透過各類條件比較篩選，鎖定馬來西亞為目標市場，分別於金馬崙與柔佛以面訪方式訪談馬國設施農戶 44 家。結果顯示馬國受訪者對我國設施農業認知不足，但對我國農業技術感興趣，同時兩地區皆有人工不足與病蟲害管理的需求。因此需以農業技術等軟體整合設施農業相關硬體作為進入市場之策略，建議以建立示範場域於當地之方式落實該策略。

關鍵字：設施農業(facilities agriculture)、馬來西亞(Malaysia)、市場進入策略(market entry strategy)

二、前言

我國地處熱帶/亞熱帶氣候區，颱風、豪雨等氣候因素時常造成農業災害損失，為降低災損造成之經濟損失及農產品價格波動，發展設施栽培實為必要之因應策略。另為提升農產品價值，藉由設施栽培可控制設施內微氣候之特性，增加對農產品品質之控制，亦使設施重要性更加提升。

我國因耕地有限，且市場淺碟，因此促進農業設施相關產業外銷與拓展國際市場，有助於我國設施農業產業持續發展升級。我國與設施產業發展較為先進之荷蘭等溫寒帶國家，在設施栽培所需解決之氣候問題不同，因此對於設施產業之發展方向與市場亦有所區隔。

初步篩選外銷目標市場時，首先考慮氣候條件相近(需求相近)，以及距離近(運輸成本較低)之區域，因此篩選出東協國家。其次考慮目標市場的經濟發展現況(消費能力)，因設施農產品成本較高，需考量市場規模是否足以支撐設施農業發展。再者，考慮設施使用現況、華人比例、貿易績效、投資開放程度、農業合作關係等因素，篩選出馬來西亞、泰國及印尼等國家，其中又以馬來西亞評估最為合適，故針對馬國進行進一步研析(郭等，2014)。

馬來西亞國土面積約為 33 萬平方公里，由 13 個州所組成，其中 11 州位於馬來半島(簡稱西馬)，地勢北高南低，東西各有寬闊平原區域，主要消費地吉隆坡即位於

西部平原，南臨重要外銷市場新加坡，北部接壤泰國。2016 年馬來西亞人口數約 3,118 萬人，GDP 達 2963.6 億美元，國民人均所得約 9,850 美元(World Bank)。馬國華人比例約占 23.4%，馬國農民主要以華人為主。馬國設施農業區域位於金馬崙高原(Cameron Highlands)，其他地區諸如南部柔佛地區(Johor)、登嘉樓(Terengganu)與吉隆坡近郊皆有設施農業零星分布。

為充分了解馬國設施農業之現況與實際需求，以及購置我國農業設施之意願及障礙，故以馬國設施農戶作為研究對象，進行訪談調查。

三、材料與方法

馬國設施農戶訪談調查採用面訪，調查地區為金馬崙及柔佛地區，樣本分配為金馬崙 26 份，柔佛 18 份。因無馬國設施農民母冊，故抽樣方法除以地區分層抽樣外，亦採滾雪球抽樣法，透過受訪農戶關係介紹下位受訪者。問卷設計內容除人口統計變數外，包含其設施栽培現況、設施設備使用現況、銷售現況與其他需求問題(遭遇困難、設施使用需求及購買台灣產品意願)，分析方法主要為次數分配等描述性統計分析。

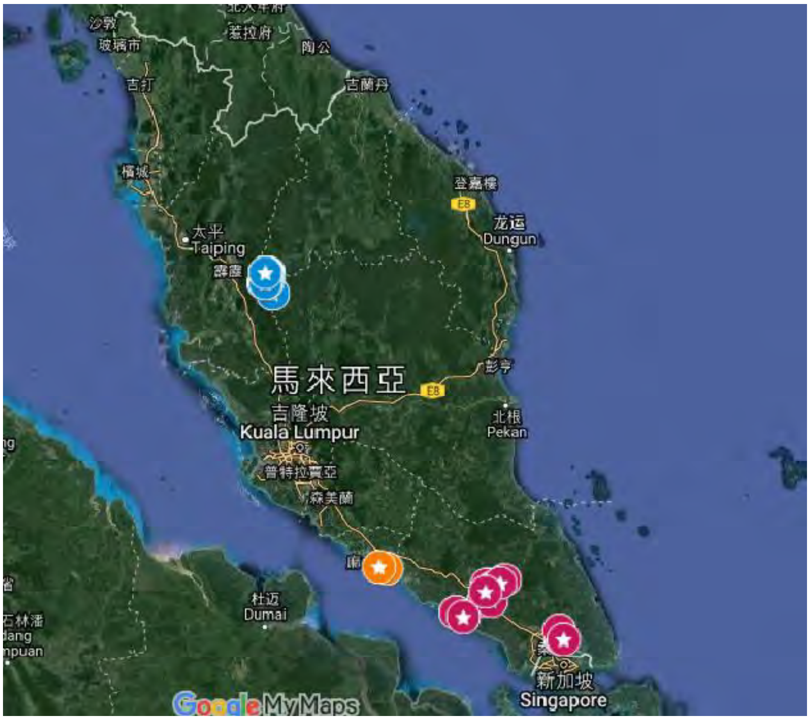


圖 1 受訪設施農戶分布圖

四、結果與討論

4.1 馬來西亞設施農業現況

結果顯示柔佛地區受訪者平均年齡較低於金馬崙，平均面積也較大，但在從農與設施栽培之資歷皆不如金馬崙地區受訪者(表 1)，因金馬崙高原氣候適宜設施農業，故發展較早，但現今面臨農地飽和的狀況。柔佛地區仍在持續發展中，且腹地廣大。

表 1 兩地區設施農戶人口統計變數與農場資訊

地區	年齡(歲)	設施面積(英畝)	從農資歷(年)	設施資歷(年)
柔佛	42.2 (12.2)*	44.5(116.5)	13.2(11.6)	10.1(9.1)
金馬崙	52.7 (13.2)	5.0(7.8)	28.7(16.0)	23.6(13.2)

*平均值(標準差) 資料來源：本研究整理

而在設施種類上因氣候的差異，兩地區之設施類型亦有所不同，柔佛以水平網室為主(表 2)，因屬平原地形，平均溫度較高，較易產生設施內積熱問題，並且結構材則以木材為主。而金馬崙則是以遮雨棚為主(頂棚為塑膠膜披覆)，設施結構材也較多採用金屬建材，設施設備使用較為先進。我國農業設施欲輸出則需降低強度符合當地需求，因當地並無颱風地震等天災。氣候差異同時造成作物品項選擇不同(表 3)，兩地皆有採用台灣品種，顯示其對台灣農業認知有一定水準。而我國許多作物名稱與馬來西亞亦有不同。

表 2 兩地區設施種類與作物種類交叉表

柔佛/金馬崙	水平網室	簡固溫室	遮雨棚	結構溫室	其他
果菜	1/0	4/1	1/5	0/1	1/0
葉菜	7/0	1/2	0/10	0/0	0/0
花卉	1/0	0/1	0/5	0/1	1/0
菇類	0/0	0/0	0/0	0/0	1/0

資料來源：本研究整理

表 3 兩地區各作物種類詳細品項

作物項	**柔佛**	**金馬崙**
果菜	<u>香蕉、茄子、辣椒、洋香瓜</u>(台)*、葡萄、桑葚、密瓜	<u>番茄、茄子、黃瓜</u>(台)、草莓、彩椒、辣椒
葉菜	小白菜、菜心[似芥菜]、蕹菜、芥蘭、水瓜[絲瓜]	<u>菜心、茼蒿</u>(台)、生菜[似萵苣類]、芥蘭、菜膽[似芥菜]、紅生菜[似萵苣類]、菠菜
花卉	<u>蘭花</u>(台)	玫瑰、海棠花、菊花、仙人掌
菇類	<u>黑木耳、鳳尾菇、鮑魚菇</u>(台)	無

*(台)表示有使用台灣品種。資料來源：本研究整理

兩地區使用設施內設備在灌溉設備與農機動力均高(表 4)，顯示其發展朝向省工栽培，葉菜類尤高。柔佛地區的環控設備使用較多(循環風扇)，並以果菜類及花卉類為主，反應其設施積熱問題，但使用比例仍有增長空間。金馬崙地區養液系統則較發達，尤以果菜及花卉類為主，離土栽培發展較柔佛迅速。

表 4 兩地區與作物別間之使用設備類型比例

	地區別(%)		作物別(%)				全體(%)
	柔佛	金馬崙	果菜	葉菜	花卉	菇類	
灌溉設備	88.9	92.3	85.7	95	88.9	100	90.9
栽培床架	38.9	3.8	28.6	5	22.2	100	18.2
農機動力設備	83.3	73.1	64.3	95	55.6	100	77.3
自動養液供給系統	16.7	30.8	50	0	44.4	0	25
水質處理系統	33.3	30.8	50	20	33.3	0	31.8
環控設備	27.8	11.5	35.7	0	33.3	0	18.2

資料來源：本研究整理

在設施業者的資訊來源部分，皆以農友介紹較高(柔佛 66.7%，金馬崙 42.3%)，顯示口碑行銷仍是主要方式，絕大多數皆以當地業者為主(97.7%)，外商搭建比例甚低。當地業者搭建中又以自行搭建(52.3%)比例最高，顯示馬國設施農戶對於自行開發符合需求的農業設施有一定能力。

另外在銷售通路上，國內銷售通路多元，包含自售、傳統市場、批發市場、販運商、零售商、量販店及超市等。兩地區外銷比例均高(柔佛 44%，金馬崙 31%)，柔佛地區的外銷目標市場以新加坡為主，因地緣關係。金馬崙的外銷市場則較多元，除新加坡外尚有日本、阿拉伯聯合大公國、泰國、汶萊與香港，顯示其設施農業已有相當規模朝向外銷導向。

4.2 馬來西亞設施農業相關產業之市場需求

馬來西亞兩地區受訪者在設施相關設備資材中，認為較易損壞者皆以塑膠膜最高，因設施類型之故，金馬崙又比柔佛更加明顯(表 5)。金馬崙主要使用當地塑膠膜(88.5%)，而柔佛地區則以進口塑膠膜為主(61.1%)，其使用年限約 3.5 年。顯示馬國塑膠膜材有市場需求，但仍需考量國際市場與當地相關業者之競爭情形。

表 5 受訪者認為較易損壞之設備資材

	地區別(%)		作物別(%)				全體(%)
	柔佛	金馬崙	果菜	葉菜	花卉	菇類	
外部結構	11.1	0	0	5	0	100	4.5
塑膠網	22.2	0	7.1	10	11.1	0	9.1
塑膠膜	33.3	96.2	78.6	60	88.9	0	70.5
灌溉系統	27.8	3.8	21.4	15	0	0	13.6

資料來源：本研究整理

兩地區受訪者對於設施栽培遭遇問題的排序中，皆以人工不足為最高，病蟲害部分也皆在兩地區的五名之內，顯示未來省工栽培或自動化等設備具有機會，病蟲害管理相關資材及技術亦有需求。柔佛地區如前所述在設施內積熱問題上有需求，因此如何在此部分導入我國設施產業降溫經驗，應是我利基之所在。在金馬崙部分則是凸顯耕地不足的問題，當地部分領先設施農戶已採立體化栽培，但在下層光度控制上仍有相當技術門檻。

表 6 兩地區在設施栽培上遭遇之問題排序積分

柔佛		金馬崙	
人工不足	51 分	人工不足	106 分
蟲害	39 分	耕地面積不足	47 分
溫度過熱	23 分	蟲害	46 分
病害	22 分	病害	40 分
產量不穩定	17 分	價格不佳	11 分

由受訪者排序遭遇問題，最嚴重的問題得 5 分，次之得 4 分，加總後之分數。
資料來源：本研究整理

詢問當地設施使用者是否有意願購置我國設施農業相關產品等，農業設施部分意願不高，設備及資材部分則較有意願，而意願最高者為栽培技術(表 7)。不願採購農業設施之客觀因素包含獲利已穩定、成本過高、經營者年齡較高不願冒險等，主觀因素則是對台灣設施產業認知有限，質疑是否符合馬國需求。而對於我國農業技術則是相當肯定，其中又以病蟲害管理、肥培管理以及品種選擇需求較高(表 8)。上述結果顯示擬定馬來西亞市場進入策略時，須將農業設施設備等硬體與相關栽培管理技術等軟體進行整合銷售，並透過有效推廣方式增加我國設施農業相關產業於當地之能見度，藉以建立信任關係。

表 7 向我國採購設施農業相關產品的意願比例

	地區別(%)		作物別(%)				全體(%)
	柔佛	金馬崙	果菜	葉菜	花卉	菇類	
農業設施	20	0	12.5	8.3	0	0	8
設備	50	60	50	83.3	0	0	56
農業資材	60	86.7	62.5	91.7	50	100	76
栽培技術	100	86.7	87.5	91.7	100	100	92

資料來源：本研究整理

表 8 兩地區受訪者提出對於栽培管理之需求比例

	地區別(%)		作物別(%)				全體(%)
	柔佛	金馬崙	果菜	葉菜	花卉	菇類	
病蟲害管理	61.1	65.4	64.3	70	44.4	100	63.6
肥培管理	55.6	53.8	50	55	55.6	100	54.5
產期調節	27.8	30.8	35.7	25	22.2	100	29.5
採後處理	27.8	26.9	28.6	25	22.2	100	27.3
品種選擇	50	38.5	28.6	60	22.2	100	43.2
耕作採收工人	22.2	0	7.1	10	0	100	9.1

資料來源：本研究整理

五、結論

柔佛與金馬崙兩地區設施農產品皆有相當程度外銷實績，可確保有足夠市場可支撐當地設施農業產業發展。兩地區比較可發現柔佛有較大的腹地可發展，金馬崙則已趨近飽和，但其對農業設施需求等級較高，較可接受金屬結構之溫室設施，而柔佛目前仍是以木造水平網室為主，欲進入該市場需面對價格落差(需降低設施強度)與設施內積熱之問題。在設備方面，未來需求皆朝向省工與自動化發展，資材方面則皆對塑膠膜有需求。

從馬國受訪者的意願與需求，進入策略勢必考量將設施農業相關硬體與栽培技術等軟體整合銷售，並增加對我國設施農業之認知，方可提高馬國設施農戶使用之意願。另因當地設施使用者及業者亦具備相當學習與自行設計之能力，須避免對方模仿學習後即失去市場的困境。建議於當地建立示範場域，進行示範栽培及推廣訓練等活動，增加當地對我國設施農業之認知，並藉由各類栽培管理技術做為通路媒介，帶進我國相關產業供應鏈，並透過軟硬體整合之方式，保護我國智財。另外亦可鼓勵補助我國農企業於當地投資，生產具貿易比較利益之設施農產品，於當地建立我國設施農業園區，集中發展資源及提升議價能力。同時，因需避免未來回銷或造成與我國農產業外銷競爭之狀況，故作物品項之選擇需明確劃分市場區隔。

上述策略建議須考量軟硬體技術如何整合，以達到保護我國智財效果。並考量如何鼓勵並促使廠商建立整合團隊，避免我國業者單打獨鬥。同時，需選擇合適作物品項以區隔市場，保護我國既有農產業，都將是我國設施農業發展外銷所需面臨之課題。

六、參考文獻

1. 徐瑞玲，黃裕益，楊明憲。(2013)。農業設施 -溫室產業化之策略規劃研究。行政院農業委員會委託專題研究成果報告(PW10207-0328)。未出版。
2. 莊麗娟，郭大維，高啟明，鄭佩綺，凌守弘。(2013)。農業設施產業國際市場資訊

建置及布局策略。行政院農業委員會委託專題研究成果報告(103農科-14.4.2-科-a1)，未出版。

3. 郭大維，莊麗娟，鄒念濤，張舜翔，張雨婷，張佳雯。(2014)。農業設施產業國際市場資訊建置及布局策略。行政院農業委員會委託專題研究成果報告(104農科-16.4.2-科-a1)，未出版。
4. 宇智。(2013)。競爭力國際化—農產業價值鏈如何發展「整廠輸出、整場輸出與整案輸出」。宇智顧問股份有限公司。http://www.phycos.com.tw/articles/63
5. World Bank. Global economic prospects - Malaysia.https://data.worldbank.org/country/malaysia?view=chart
6. Department of Statistics, Malaysia, official portal. Current Population Estimates, Malaysia, 2014-2016. https://www.dosm.gov.my/v1/index.php?r=column/cthemeByCat&cat=155&bul_id=OWlxdEVoYlJCS0hUZzJyRUcvZEYxZz09&menu_id=L0pheU43NWJwRWVSZklWdzQ4TlhUUT09

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

產業現況及研究發展國際設施研討會論文專刊 / 黃金川等作；
邱相文主編 -- 初版 -- 臺中市：農委會農試所, 2018.12
臺中市霧峰區：行政院農業委員會農業試驗所，民 107
面：19*26 公分 -- (農業試驗所特刊；第 214 號)

ISBN: 978-986-05-8228-4 (平裝)

1.農業計畫 2.技術發展 3.文集

430.33 107022864

編　　號：農業試驗所 2018 年 010 號
書　　名：產業現況及研究發展國際設施研討會論文專刊
發 行 人：陳駿季
執行編輯：邱相文
出版機關：行政院農業委員會農業試驗所
地　　址：台中市霧峰區萬豐里中正路 189 號
網　　址：https://www.tari.gov.tw
電　　話：(04)23302301
作　　者：黃金川、朱佳仁、黃國祥、謝明憲、許涵鈞、蔡竣宇、張學豪、陳子揚、黃禮棟、何佳勳、田雲生、石信德、林立、陳淑佩、林鳳琪、Pei-Chen Huang、Shih-Wei Kong、Wei Fang Hsin、Wei FANG、Hsin-Ying Chung、戴振洋、許淼淼、張勝智、林玫珠、康　樂、黃祥益、李睿家、林宜萱、呂昀陞、黃士晃、石佩玉、李雪如、李文南、戴廷恩、張富翔、陳富永、許雅婷、黃雅玲、萬鍾汶、郭大維、莊凱恩 (依章節順序排列)
印　　刷：峰林實業有限公司
電　　話：(04) 23930268
出版日期：中華民國一〇七年十二月出版
編印本數：200 本
定　　價：460 元
展售門市：國家書店 / 104 臺北市松江路 209 號 1 樓 (02) 25180207
國家網路書店 http://www.govbooks.com.tw
五南文化廣場 / 400 臺中市中山路 6 號 (04) 22260330
GPN：1010702639
ISBN：978-986-05-8228-4

本輯內容已全文上網，請參考本所網站 (http://www.tari.gov.tw) 出版品。
版權所有、轉載須經本所同意